This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

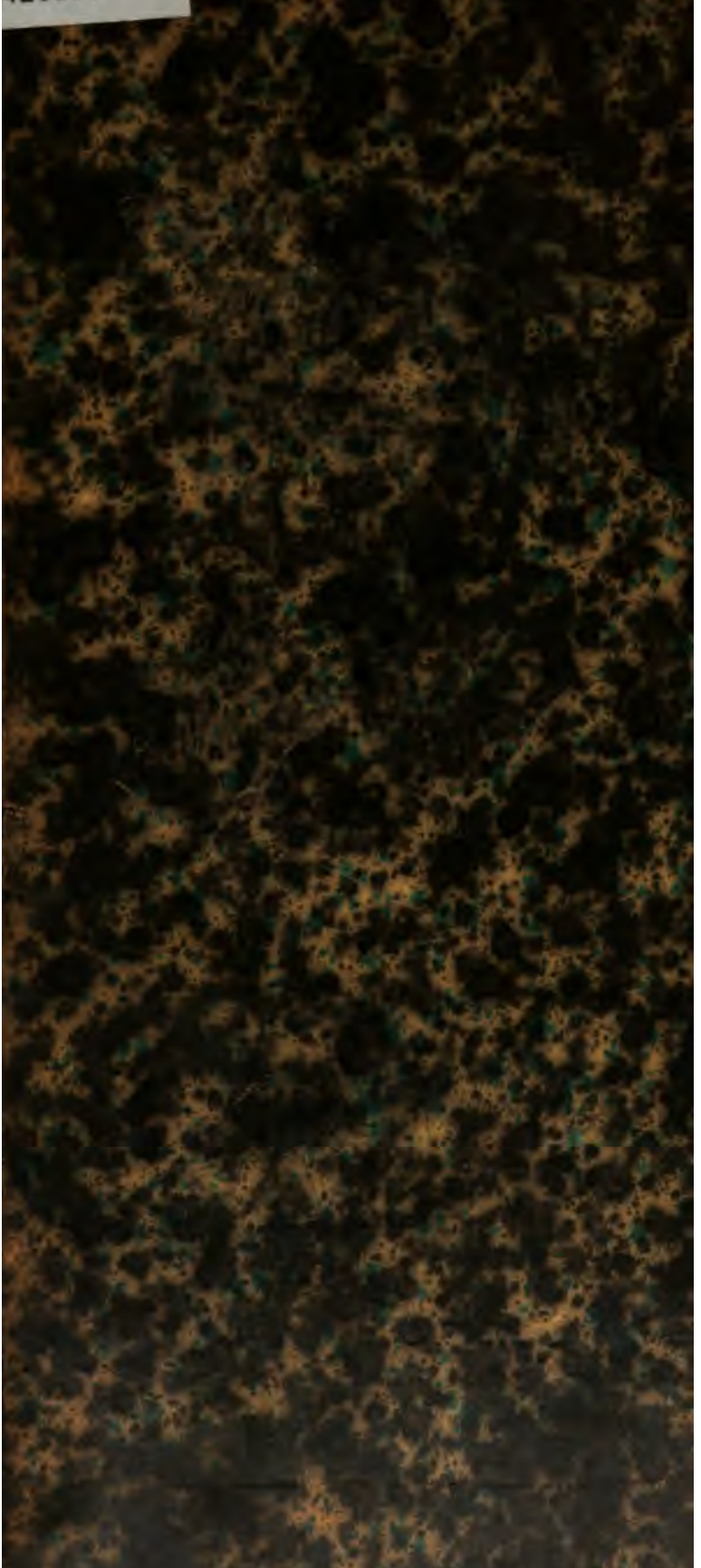
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1887

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1887

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1887

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1887.

N° 1

Sommaire des séances du mois de juillet 1887 :

1° *Chômage des canaux et rivières navigables* (Au sujet du), pétition adressée à la Chambre des Députés par la Société pour la défense des intérêts de la vallée de la Seine (Séance du 1er juillet, p. 8);

2° *Excursion au Havre* (Séance du 1er juillet, p. 9) ;

3° *Chemin de fer de Bayonne à Biarritz*, par MM. Carimantrand et A. Mallet (Séance du 1er juillet, p. 9) ;

4° *Éclisse passe-joint*, par M. Caillé, et observations de MM. Forest, Boudenoot et Roy (Séance du 1er juillet, p. 10) ;

5° *Guide pratique de photocopie industrielle*, de M. J. Angilbert, par M. P. Regnard (Séance du 1er juillet, p. 14) ;

6° *Tableaux graphiques appliqués au calcul des ressorts à lames*, par M. H. Chevalier (Séance du 1er juillet, p. 15) ;

7° *Documents relatifs à l'invention de la filature mécanique du lin*, de M. Philippe de Girard, offerts par Mme la baronne de Pages (Séance du 1er juillet, p. 16) ;

8° *Écluse de Saint-Aubin*, par M. H. Hersent, et observations de MM. Molinos et Périssé (Séance du 15 juillet, p. 17).

163376

Pendant e mois de juillet, la Société a reçu :

De Mme la baronne de Pages, un dossier de documents relatifs à *l'invention de la filature mécanique du lin*, par son grand-oncle, M. le chevalier Philippe de Girard;

De M. Paul Lévy, membre de la Société, son mémoire intitulé : *Étude sur les phosphates de chaux découverts à Beauval (Somme);*

De M. Lagrange, directeur de l'École des Ponts et Chaussées, la livraison 21, formant le fascicule 4 du tome III de la collection des dessins du portefeuille des élèves;

De M. E. Lecoq, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur : *les Mesures de sécurité appliquées par les grandes Compagnies de chemins de fer français;*

De M. Gruner, membre de la Société, trois exemplaires de sa brochure intitulée : *la Réforme de la législation des Mines* (Extrait du *Bulletin de l'Association amicale des élèves de l'École supérieure des Mines);*

De M. Marcel Daly, membre de la Société, une brochure intitulée : *Étude sur le calcul des arches surbaissées*, par M. Tourtay (Extrait de *la Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics);*

De M. A. Guettier, membre de la Société : 1° la brochure accompagnée d'un atlas, intitulée : *le Forgeron Mécanicien;* 2° une notice sur : *la Mitrailleuse système Nordenfelt à trois canons;*

De M. L.-H. Despeissis : 1° sa brochure intitulée : *la Sténo-Télégraphie*, système nouveau de télégraphie breveté, par M. G.-A. Cassagnes ; 2° un extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences sur *la Sténo-télégraphie*, par M. G.-A. Cassagnes;

De M. de Nordling, membre de la Société, sa brochure intitulée : *Étude sur le chemin de fer métropolitain ;*

De M. Ménard, membre de la Société, le *Rapport du Conseil d'administration de la Compagnie des Tramways du département du Nord, sur le Bilan au 31 décembre 1886;*

De M. Nizet, membre de la Société, sa *Notice sur les catalogues de bibliothèques publiques;*

De M. Rey, membre de la Société, sa brochure intitulée : *Note sur les conditions techniques d'établissement du chemin de fer à voie de 1 mètre, de Cambrai à Catillon (Nord);*

De M. le Président du Comité exécutif du grand Concours international des sciences et de l'industrie à Bruxelles : un exemplaire des *Desiderata formulés par le Comité d'électricité et par le Comité des instruments de précision*, en vue du grand Concours international des sciences et de l'industrie qui s'ouvrira à Bruxelles au mois de mai 1888 ;

De M. Huet, professeur à l'École polytechnique de Delft, sa Note,

en hollandais, *sur les conditions d'exécution des canaux à grandes sections ;*

De M. Carimantrand, membre de la Société, deux brochures intitulées : *Lettre adressée à M. le Ministre de la marine pour la demande de suppression des droits de pilotage à bord des chalands ;*

De M. Marteau, son rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères sur *les Assurances ouvrières en Allemagne ;*

De M. Pendrié, son ouvrage sur *nos Chemins de fer et leur réforme radicale ;*

De M. Bucknall Smith, sa brochure intitulée : *A treatise upon cable or Rope traction ;*

De l'Observatoire de Nice, ses *Annales publiées sous les auspices du Bureau des longitudes*, par M. Perrotin, directeur;

De M. Roman Abt, sa brochure intitulée : *Die Rhone-Bahn Briggs-Airolo.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Dragu, présenté par MM. Durant (L.), Polonceau (E.) et Brüll ;
Roy, — Charton, Contamin et Pierron ;
With, — Benoit-Duportail, Brüll et Morandière.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1887

Séance du 1er Juillet 1887

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Hudelo comme chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'apprendre à la Société le décès de M. Édouard Bonnet, notre collègue depuis 1873, ancien inspecteur général des travaux publics en Roumanie, ancien directeur de l'usine à gaz de Bucharest, décédé à l'âge de soixante-trois ans à Chatou (Seine-et-Oise).

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu de M. de Coëne, membre de la Société, une lettre par laquelle il nous informe d'une démarche faite par la Société pour la défense des intérêts de la vallée de la Seine, dont il est le président. C'est une pétition adressée à la Chambre des députés, afin d'obtenir que désormais les canaux et rivières navigables ne soient mis en chômage qu'en cas de force majeure. M. de Coëne nous informe que M. Lesouef, rapporteur de la commission de la Chambre, vient de présenter un rapport favorable à la pétition ; la Chambre en a adopté la conclusion et a ordonné le renvoi au ministre des travaux publics. M. de Coëne nous communique un extrait de ce rapport, que nous accueillons avec plaisir, vu l'intérêt que présente cette question.

M. LE PRÉSIDENT annonce que l'excursion projetée au Havre, dont il a eu l'honneur d'entretenir la Société à la dernière séance, aura lieu les 16, 17 et 18 de ce mois.

L'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de MM. Carimantrand et Mallet sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz.

M. Level, qui désirait prendre la parole sur ce sujet, est absent ; mais la substance de son objection est connue de ces messieurs, qui pourront, sans aucun doute, y répondre.

M. MALLET ne serait pas étonné que l'observation de M. Level ne reposât sur un malentendu ; il pense que la rédaction du résumé contenu dans le procès-verbal de la séance du 17 juin a dû satisfaire notre collègue. Quoi qu'il en soit, M. Mallet va reproduire l'explication qu'il a déjà donnée précédemment.

L'ordonnance ministérielle de 1846 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer ne concerne que les chemins de fer d'intérêt général, les seuls qui existassent à l'époque ; cette ordonnance est absolue et il faut un décret pour y apporter des dérogations, comme on l'a fait en 1880 ; au contraire, les chemins de fer d'intérêt local établis sous le régime de la loi du 12 juillet 1865 ne sont pas dans les mêmes conditions, à beaucoup près. Dans aucun de leurs cahiers des charges, il n'est fait mention de l'ordonnance de 1846 et, dans ces cahiers des charges dressés par l'autorité préfectorale, il est à chaque instant apporté des dérogations à cette ordonnance.

Il est vrai que la question aurait pu être rendue plus claire ; car, comme complément à la loi de 1865, il devait être fait une ordonnance analogue à celle de 1846 et concernant les chemins de fer d'intérêt local, mais cette ordonnance n'a jamais été faite.

M. Mallet peut, en tout cas, citer l'exemple suivant qui a son importance, au sujet de la question de l'interposition de fourgons entre la locomotive et la première voiture à voyageurs exigée par l'ordonnance de 1846. Au chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, le cahier des charges, très explicite sur d'autres points, est muet sur celui-là ; il est dit d'une manière générale que l'administration adoucira autant que possible les règlements et donnera à l'exploitation toutes les facilités compatibles avec la sécurité, mais il n'est pas dit un mot des fourgons. Or on n'a jamais, sur la ligne en question, mis de fourgon, et jamais le contrôle n'a fait la plus légère observation. Si on ajoute que, comme il a déjà été dit, le cahier des charges est très libéral sur une foule de points relatifs à l'exploitation, on est bien en droit de dire que les chemins de fer d'intérêt local sont, vis-à-vis de l'ordonnance de 1846, dans des conditions absolument différentes de

celles des grandes lignes de chemins de fer ; c'est ce que M. Mallet a toujours prétendu.

M. Carimantrand croit qu'il est bon d'appeler l'attention de la Société sur certains points de l'exploitation du chemin de fer de Bayonne à Biarritz. Le cahier des charges impose des compartiments de 1re, 2e et 3e classe. En pratique, on a reconnu l'inutilité des compartiments de 1re classe, et on a pu obtenir du préfet l'autorisation de réduire à deux le nombre des classes. Ce fait est à noter, parce qu'il intéresse les chemins de fer de petit parcours. Les personnes qui s'occupent des questions de chemins secondaires et d'intérêt local pourront prendre en considération ce point important de la réduction à deux du nombre des classes.

M. Mallet appuiera par des chiffres significatifs l'observation de M. Carimantrand. Actuellement qu'il n'y a que deux classes, la première représente pour l'exercice 1885 un peu moins de 5 0/0 du chiffre total des voyageurs. Il y a donc 95 0/0 de ces voyageurs qui font usage de la seconde classe.

M. Roy dit qu'il s'occupe de l'étude d'un matériel pour un chemin de fer construit par l'État et, vu le profil accidenté de la ligne, il a insisté pour l'adoption de deux classes seulement. Mais n'ayant pu avoir gain de cause, il a tourné la difficulté en créant une voiture mixte, ayant un compartiment de 1re classe et trois compartiments de 3e. Une seule de ces voitures étant intercalée dans un train, le nombre des places vides de 1re classe est relativement très réduit.

M. Carimantrand ajoute une observation sur la distribution des billets en cours de route, dont il a été précédemment question. Ce système a fonctionné quelque temps sur le chemin de Bayonne-Biarritz, et le contrôle n'a opposé aucune objection. Si la Compagnie y a renoncé, c'est qu'elle n'y a pas trouvé d'avantage financier.

M. le Président donne la parole à M. Caillé pour sa communication sur un système d'éclisse, dite éclisse passe-joint.

M. Caillé rappelle quels sont les éléments constitutifs d'une voie ferrée ordinaire, et quelles sont les causes de détériorations auxquelles ils sont soumis, ainsi que les différents genres de déformation auxquels ils ont à résister. Il insiste sur le rôle d'articulation que joue l'éclissage actuel à chaque joint, et sur la discontinuité qui en résulte dans la courbe qu'affecte en élévation une ligne de rails infléchie par le passage d'un convoi. Il attribue à ce défaut de continuité, résultant de la non-solidarité des rails entre eux, les chocs qui

se produisent au passage des roues des véhicules sur les joints des rails.

M. Caillé cite des exemples dans lesquels on a constaté une oxydation de quelques centimètres aux abouts des rails, ce qui prouve que le bandage n'y avait pas porté. D'autre part, des aplatissements se sont montrés à des distances variant de 0,20 *m* à 0,50 *m* environ de l'about antérieur du rail, ce qui prouve clairement qu'il s'est produit un saut des roues des véhicules et ce qui confirme les explications qu'il vient de donner.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Caillé propose l'emploi d'une éclisse de grande longueur, placée du côté extérieur de la voie, et dont le plan supérieur vient araser la face supérieure du champignon du rail. Les bandages viennent s'appuyer sur l'éclisse un certain temps avant d'atteindre le joint et ne l'abandonnent qu'après le passage ; il en résulte que la continuité est rétablie, et que le choc, s'il a lieu, ne se produit qu'à la sortie de l'éclisse.

M. Caillé s'est préoccupé également de parer à l'inconvénient qui résulterait de l'emploi de cet appareil avec des bandages usés ; la partie extérieure du bandage, qui peut, dans les cas extrêmes, avoir une saillie de 6 *mm* sur le cercle de roulement, viendrait buter contre l'éclisse. Aussi celle-ci présente-t-elle de part et d'autre de son milieu, deux plans inclinés de 0,80 *m* de longueur chacun. La dénivellation de 6 *mm* est donc rachetée par une inclinaison de la face supérieure de l'éclisse de 7,5 *mm* par mètre.

M. Caillé croit que l'emploi de ce système remédierait au défaut le plus grave qui, dans les voies actuelles, donne lieu aux chocs que l'on ressent au passage des joints.

M. Forest ne croit pas que le choc soit évité par l'emploi de l'éclisse de M. Caillé ; en effet, cette éclisse, qui présente une rampe de 7,5 *mm* par mètre, pourra être rencontrée, à la vitesse de 25 mètres par seconde, par les roues des véhicules dont les bandages sont creusés, et il en résultera un choc plus violent que celui auquel donnent lieu les joints actuels.

M. Forest rappelle qu'un système analogue a été appliqué pour l'entrée des ponts métalliques de grande longueur, entre autres au pont de Sens, en vue de passer les joints nécessités par la dilatation des rails du pont, Mais là, on ne marchait qu'à faible vitesse.

M. Caillé fait remarquer que sa communication a répondu par avance à cette objection. Vu la compressibilité du ballast, et la mobilité des traverses, le joint, qui conserve son niveau, constitue des plans inclinés même dans le système actuel, et la rampe existe fatalement.

M. Forest ne croit pas que cette rampe, actuellement, soit de 7,5 *mm* par mètre.

M. Caillé dit qu'il se peut que la longueur qu'il a donnée à son éclisse, bien que déjà grande, soit encore insuffisante. Mais il croit qu'en pratique, vu la flexion des rails dans le sens vertical, il se produira un raccordement tendant à effacer le changement de pente dont M. Forest vient de parler.

M. Boudenoot désire demander à M. Caillé des explications supplémentaires sur deux points. Le premier est relatif au saut que M. Caillé nous a représenté comme exécuté par les roues des véhicules dans le passage d'un rail au rail voisin. Il a dit que ce saut pouvait être de 0,20 *m* à 0,50 *m*, et il le démontrait par ce fait que l'oxydation du rail et son aplatissement se constatent à cette distance-là. D'autre part, M. Boudenoot a entendu dire et a remarqué lui-même que si le saut existe (et il existe), c'est à une distance beaucoup moindre (cinq centimètres environ). L'oxydation ne se manifeste pas sur une plus grande longueur.

M. Caillé fait remarquer qu'il n'a parlé que de l'oxydation sur quelques centimètres à l'extrémité. Quant à l'aplatissement, il a été constaté sur quelques échantillons de rails d'acier déjà anciens, ayant vingt ans de service.

M. Boudenoot signale un second point, relatif à l'évitement du choc par une éclisse à double plan incliné. Le choc ne lui semble pas évité; il est simplement transporté des environs du joint à la naissance de l'éclisse, au moment où le bandage vient la toucher. Quant à la longueur de l'éclisse, elle lui paraît déjà considérable à 1,60 *m*. M. Caillé voudrait l'augmenter encore. Ce serait alors deux nouveaux rails placés à côté des deux premiers.

M. Caillé répond que ce ne serait pas un mal, si ce n'était la question de prix; car le choc au joint est désastreux. Sur la C^ie^ d'Orléans, ce choc est encore augmenté par ce fait que certains véhicules ont un écartement d'essieux de 3,50 *m* précisément égal à la longueur des rails. Avec les véhicules à 6 roues de la C^ie^ P.-L.-M, le choc est beaucoup moindre.

M. Caillé explique les pressions anormales constatées à des distances de 0,20 *m* à 0,50 *m* de l'about des rails, en disant que les rails se mobilisent tous instantanément au contact direct de la charge, mais le ballast et les traverses ne peuvent se mobiliser instantanément; il doit donc s'écouler un certain temps avant que le choc puisse s'y faire sentir, et l'espace parcouru par la charge pendant ce temps peut expliquer la distance constatée.

M. Boudenoot en conclut qu'il y a donc une différence entre le saut et le résultat produit par le choc. Le saut n'aurait que quelques centimètres comme tendrait à le prouver l'oxydation du rail, et le choc se produirait à une distance plus grande. Mais cette explication ne montre pas qu'il n'y ait pas à craindre le transport du choc du rail à l'éclisse, dans le système proposé.

M. Caillé croit que l'éclisse de grande longueur évite complètement le choc, car elle évite complètement la mobilisation instantanée du rail aval.

M. Roy rappelle qu'on a essayé d'éviter le choc au passage du joint en coupant les deux rails en biseau, sous un angle de 30 à 35°. De cette façon le passage de l'un à l'autre a lieu progressivement.

Quant au méplat qui se produit à l'extrémité des rails, il a observé lui-même, sur des lignes à grande vitesse, qu'il ne dépasse pas quatre à cinq centimètres.

M. Forest dit que la disposition signalée par M. Roy a l'inconvénient d'amener une détérioration très rapide des abouts des rails.

Il rappelle encore, comme disposition pouvant atténuer l'effet du passage des joints, celle consistant à alterner les joints des deux files de rails. Cette pose est faite couramment au chemin de fer du Nord. Elle a été essayée dans le principe en croisant les joints de 0,60 *m* seulement, correspondant à l'écartement des traverses contre-joints. Mais aujourd'hui, le joint est placé vis-à-vis le milieu du rail opposé, ce qui assure plus complètement la rigidité transversale de la voie. Les deux traverses du milieu de chaque rail sont donc espacées de 0,60 *m* d'axe en axe, et elles sont même réunies par des bouts de madrier, dans le but de constituer une caisse s'opposant plus efficacement au déplacement latéral de la voie.

M. Caillé signale le croisement des joints employés sur la ligne de Sceaux pour raidir la voie dans les courbes de très faible rayon. L'avantage du croisement des joints est d'accroître leur résistance aux efforts latéraux.

Les inconvénients sont :

L'augmentation du nombre des traverses; la formation, sur chacune des files de rails, d'une série de sommets et de points bas qui ne se correspondent pas et produisent, conséquemment, le mouvement de lacet.

M. le Président dit que les observations de MM. Forest, Boudenoot et Roy prouvent l'importance de la communication de M. Caillé. Il serait téméraire de prévoir les résultats que donnera l'application du

système qu'il vient de présenter. Mais nous devons le remercier de nous avoir apporté le fruit de sa longue expérience et de sa délicate analyse.

La parole est à M. Regnard pour sa communication sur le *Guide pratique de photocopie industrielle* de M. J. Angilbert.

M. Regnard. — Dans une de ses dernières séances, notre Société a reçu une notice de notre collègue, M. Angilbert, sur la photocopie industrielle.

Appelé à diriger un service de reproduction de dessins pour un de nos plus grands établissements de construction, M. Angilbert a travaillé longuement et patiemment cette question, et c'est le résultat de ses recherches qu'il a publié dans cette brochure ; il m'a semblé que, malgré son apparence modeste, cette question est de nature à intéresser le plus grand nombre, pour ne pas dire *tous* les membres de notre Société, et c'est ce qui m'a engagé à appeler votre attention sur le *Guide pratique de photocopie industrielle*, et à vous en présenter une brève analyse, renvoyant ceux de nos collègues qui y trouveront quelque intérêt à la brochure de M. Angilbert, qui entre dans les détails les plus minutieux et évitera à ceux qui s'en serviront pour guide toute espèce de tâtonnement. Il n'est pas sans intérêt de noter que les épreuves obtenues par ce procédé sont acceptées maintenant pour constituer le dossier des projets soumis aux grandes administrations et aux divers ministères.

La brochure traite en premier lieu de la préparation du papier sensible, qui comprend : la fabrication de la liqueur sensibilisatrice, son application sur le papier et le séchage. Les ustensiles sont des plus simples, et les substances employées se réduisent à trois : acide oxalique cristallisé, perchlorure de fer et gomme arabique. Les dosages et le mode de préparation sont donnés avec tous les détails nécessaires, sur lesquels il ne nous paraît pas nécessaire de nous étendre dans ce résumé.

L'application sur le papier, qui doit être bien collé, à grain fin, se fait avec un pinceau, à la lumière tamisée, et le papier préparé se conserve dans un étui en zinc.

M. Angilbert entre ensuite dans quelques considérations sur les précautions à prendre pour la confection des calques clichés, qu'il est préférable de faire sur papier, et en s'appliquant à donner aux traits la plus grande opacité possible. Il faut éviter de plier les calques et les rouler ou mieux les conserver à plat en portefeuille.

Le matériel de photocopie comprend un châssis de pose, deux cuvettes pour les bains et deux pour les lavages, plus les suspensions pour égouttage et séchage, et un casier. La préparation des bains, l'un pour révéler, l'autre pour fixer l'épreuve, est ensuite décrite ; ces bains s'entretiennent facilement, durent longtemps, et leur rem-

placement, notamment celui du bain d'acide, n'entraîne qu'une dépense insignifiante.

L'ouvrage décrit encore le tirage des épreuves, la mise en châssis, l'exposition à la lumière, la prise de témoins, la sortie du châssis, le développement au bain de prussiate, le lavage, le dépouillement ou la fixation de l'épreuve, le second lavage, suivi de l'égouttage et du séchage. M. Angilbert fait remarquer que la lumière électrique peut être d'une grande ressource pour la photocopie ; une lampe Jablochkoff d'atelier fournit en 15 minutes une épreuve satisfaisante. La retouche des épreuves est des plus simples ; elle repose sur l'emploi d'une solution d'oxalate de potasse.

L'auteur donne ensuite avec détails le projet d'un atelier complet pour la préparation du papier et l'obtention des épreuves, et enfin le prix de revient qui est très minime. Rapportant la dépense totale au coût d'une épreuve, pour un atelier ne faisant que 5 épreuves par jour, M. Angilbert arrive à un prix de 0,60 *f* par épreuve, format grand-monde, ce qui lui permet de conclure que l'application, dans bien des cas, de ce genre de photocopie permettra, avec les économies réalisées, de rentrer dans les frais du matériel et de l'installation au bout d'une année à peine.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Regnard et M. Angibert et donne la parole à M. H. Chevalier, pour sa communication sur les tableaux graphiques appliqués au calcul des ressorts à lames.

M. H. CHEVALIER rappelle qu'en 1881 la Société a eu communication d'un mémoire de MM. Rey et Vallot sur le calcul des ressorts à lames employés dans le matériel de chemins de fer. Ces messieurs, prenant comme point de départ les formules générales établies par M. Philipps, en ont déduit des formules pratiques spécialement adaptées à la recherche des éléments que l'on se propose de déterminer dans la suspension des véhicules. Ces formules contiennent des coefficients, tenant compte des conditions dans lesquelles les ressorts sont aujourd'hui établis. Mais elles laissent en évidence les quantités susceptibles de varier dans certaines limites, c'est-à-dire (outre les dimensions des diverses parties du ressort) le coefficient d'élasticité du métal et l'allongement par mètre des fibres les plus fatiguées.

M. H. Chevalier accepte les formules de MM. Rey et Vallot avec leurs coefficients; mais il attribue au coefficient d'élasticité la valeur moyenne qu'ont donnée les essais, et à l'allongement par mètre une valeur qui semble répondre à une bonne sécurité pratique.

Il arrive ensuite à transformer les deux formules principales, de manière à n'y laisser que trois variables. Alors, donnant à l'une de ces variables une valeur déterminée, il obtient entre les deux autres une équation qui lui permet la représentation par une courbe de la

fonction ainsi définie. A chaque valeur de la première variable correspond une courbe particulière. L'ensemble de ces courbes est porté sur un tableau pour chacune des deux formules considérées ; dans l'un des cas, les courbes sont des droites, et dans l'autre ce sont des hyperboles équilatères.

M. H. CHEVALIER termine par quelques explications sur l'usage de ses tableaux pour réduire les tâtonnements auxquels donne lieu l'établissement d'un ressort dans des conditions données.

On trouvera d'ailleurs, dans le Bulletin, la note *in extenso* et une reproduction des tableaux en question.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. H. Chevalier de sa communication.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu de M. Dulac une lettre nous informant qu'il est prêt à faire voir une chaudière munie de son système d'épuration, ayant travaillé depuis cent fois 24 heures d'une façon continue avec de l'eau de l'Ourcq. Il se tient à notre disposition pour faire visiter la chaudière et montrer les dépôts recueillis à ceux de nos collègues que cette question intéresse.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir que M^me^ la baronne de Pages, fille de la comtesse de Vernède de Corneillan, la nièce du chevalier Philippe de Girard, a adressé à la Société un dossier de documents relatifs à l'invention de la filature mécanique du lin.

Grâce à la persévérante énergie des héritières de l'illustre inventeur, il est depuis longtemps déjà universellement reconnu que Philippe de Girard, répondant à l'appel de l'Empereur, découvrit en 1810 le principe fondamental d'après lequel le lin est filé encore aujourd'hui et qu'il établit et fit fonctionner deux filatures de son système à Paris en 1813 et 1815.

C'est bien à la France que revient l'honneur de ce progrès dont les résultats bienfaisants se sont répandus dans le monde entier.

M^me^ de Pages ajoute dans sa lettre qu'elle se propose de communiquer prochainement à la Société une collection de pièces authentiques établissant que son grand-oncle a créé aussi un système de générateur à vapeur composé de tubes étroits pour rendre les explosions inoffensives. Le premier appareil de ce genre, composé de plus de cinq cents tubes, fut employé en 1818 sur un navire à vapeur qui faisait le voyage de Pesth à Vienne. Cette invention serait le point de départ des chaudières tubulaires.

Nous recevrons avec intérêt l'envoi qui nous est promis et nous remercions quant à présent M^me^ la baronne de Pages de l'intéressant dépôt qu'elle veut bien confier à notre bibliothèque.

Séance du 15 Juillet 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai à vous annoncer le décès de M. Trémeau, Alexandre, membre de la Société depuis 1874, ancien maître de forges, ingénieur-agriculteur, décédé le 12 juin à l'âge de 42 ans.

Je reçois à l'instant même une triste nouvelle, c'est celle du décès de notre collègue très apprécié, très aimé, M. Lavezzari, membre du comité et architecte de la Société. Il est mort, jeune encore, âgé de 55 ans; il était atteint depuis plusieurs années d'une cruelle maladie qui l'a emporté avant-hier, dans sa maison de Berck-sur-Mer.

J'ai le plaisir de vous annoncer que M. Level a été promu officier de la Légion d'honneur et que MM. Madelaine, Quenay, Schmitz (Nicolas) ont été nommés chevaliers.

MM. Gouilly (Jean), Delessert, Hallopeau, Rocaché et Mangini ont été nommés officiers de l'Instruction publique ; MM. Olive (Joseph), Forest, Grelley, Loubery, Loustau, Moreau (Auguste), Firminhac et Legat, officiers d'Académie.

M. Huguet (Auguste) a été nommé officier de l'ordre impérial du Dragon d'Annam et commandeur de l'ordre impérial de l'Osmanié (Turquie).

M. Deghilage, chevalier de l'ordre de Notre-Dame-de-la-Conception de Villaviçiosa (Royaume de Portugal).

L'ordre du jour appelle la communication de M. Hersent *sur l'écluse de Saint-Aubin*.

M. HERSENT. — Messieurs, comme tout récemment on vient d'inaugurer les travaux de la navigation de la Seine, dirigés en grande partie par M. Caméré, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui nous fait l'honneur d'assister à notre séance, il m'a paru à propos de vous entretenir d'un de ces travaux, l'écluse de Saint-Aubin à Elbeuf.

M. Hersent présente la description de l'écluse de Saint-Aubin et entre dans quelques développements relatifs à l'ensemble des travaux qui ont été exécutés sur la Seine entre Paris et Rouen pour l'amélioration de la navigation, aux dépenses considérables qu'ont entraînées ces travaux et aux résultats relativement modestes qu'ils ont produits. Le mémoire sera publié dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Molinos a la parole.

M. MOLINOS. — Messieurs, je voudrais vous dire un mot au sujet de la question économique que M. Hersent vient d'effleurer tout à l'heure : c'est une question délicate et, en effet, assez obscure. Je crois que nous pouvons l'éclaircir un peu.

M. Hersent a abordé plusieurs questions, une entre autres très importante dont on ne se préoccupe pas assez dans notre pays : c'est le rapport de la dépense à l'utilité. Il a fait un calcul par lequel la dépense d'amélioration de la Seine, qu'il évalue à 50 millions, rapportée au trafic de 300 000 tonnes, représenterait 166 francs par tonne en capital. Je dois dire à M. Hersent que j'ai longtemps connu la Seine avec un trafic de 175 000 tonnes environ à la remonte, si ma mémoire est fidèle. Ce faible chiffre n'était pas extraordinaire, puisque, contrairement à ce que tout le monde croit, la Seine n'était réellement pas navigable pendant de longs mois de l'année. L'été, le tirant d'eau de la Seine descendait à un mètre ; cela nécessitait des transbordements qui entraînaient des frais énormes et d'interminables délais.

Les travaux qui viennent d'être faits ont une utilité considérable, car le trafic actuel de la Seine a dépassé un million de tonnes en 1883; et j'ai eu communication des chiffres des années suivantes, non encore publiés. On espère que cette année le tonnage atteindra 1 million 200 000 tonnes. Vous voyez que l'industrie a profité de cette porte ouverte. Mais l'exploitation de la Seine n'est pas encore faite dans de bonnes conditions; il y a de grands progrès à réaliser. Les Compagnies usent le vieux matériel et ne sont pas encore en mesure d'utiliser ces grandes écluses et ces grands tirants d'eau, et d'entrer dans la voie du vrai progrès des transports par eau, consistant à faire économiquement avec de grosses capacités.

J'avouerai cependant que j'ai un certain doute sur les avantages du tirant d'eau de 3 mètres adopté sur la Seine; je ne le critiquerais pas, parce que, qui peut le plus peut le moins, si au point de vue auquel s'est justement placé M. Hersent, on ne pouvait se demander si l'excédent de dépense nécessité par le grand tirant d'eau, était justifié par une utilité réelle. Lorsqu'on a parlé de donner à la Seine un tirant d'eau de 3 mètres, c'est-à-dire de permettre sur la Seine la navigation *semi-maritime*, ce programme ne m'a pas beaucoup séduit. 3 mètres de tirant d'eau, c'est plus qu'il ne faut pour une navigation flu-

viale. Est-ce assez pour une navigation maritime ? Sauf quelques rares exceptions, quelques trafics spéciaux qui entraîneront un matériel spécial, je ne pense pas que ce tirant d'eau de 3 mètres soit utilisé. Je crois qu'on aurait pu réaliser une économie en mettant la Seine à 2,20 *m* et c'était suffisant; ce tirant d'eau et les écluses qu'on a faites permettaient l'emploi de bateaux de 700 à 800 tonnes. Pourra-t-on aller beaucoup au delà et utiliser pour la Seine le tirant d'eau de 3 mètres ? C'est très douteux. La batellerie se préoccupe de la possibilité de descendre un grand bateau vide. Un bateau de 1 000 tonnes vide est difficile à manœuvrer à la descente, surtout lorsqu'il y a du vent; de sorte que, malgré les grandes écluses, on trouvera à la dimension des embarcations une limitation qui tiendra à la question pratique dont il faut tenir compte. Le devis des travaux pour donner à la Seine le tirant d'eau de 2 mètres était de 17 millions, et pour le tirant de 3 mètres de 21 millions.

On a dépensé 50 millions. Pour quelle part entre dans ce mécompte l'augmentation du tirant d'eau ? Je l'ignore. Ce que je veux dire seulement, c'est qu'il ne serait pas équitable, dans le calcul que M. Hersent a fait du rapport de l'utilité à la dépense, de porter au débit de la navigation fluviale une dépense dont elle ne profite pas.

M. Hersent se préoccupe de la situation respective des chemins de fer et de la navigation, au point de vue des intérêts de l'État. L'État donne gratuitement la voie pour la navigation; il l'a fait pour les chemins de fer exécutés d'après la loi de 1842; l'État a donné la plate-forme aux Compagnies qui apportaient l'armement : de même pour les rivières, l'État donne la voie, et les Compagnies apportent l'outillage. Quant à la concurrence, elle est, suivant moi, avantageuse au public bien évidemment, et même à l'État pour qui toute matière transportée est une source indirecte de revenus. Les transports qui sont opérés par la navigation ne sont pas de même nature que ceux qui se font par les chemins de fer, car la navigation rend possibles des transports que les chemins de fer ne feraient pas. J'ai cité autrefois un fait bien remarquable. Avant l'établissement du chemin de fer du Nord, l'Oise transportait 1 800 000 tonnes. Quand le chemin de fer est construit, pendant deux ou trois ans, la navigation de l'Oise reçoit un coup; son trafic baisse de 200 ou 300 000 tonnes; puis l'équilibre se rétablit, l'Oise reprend son trafic de 1 800 000 tonnes, et le Nord s'est créé de toutes pièces un trafic de 1 600 000 tonnes. Ce sont des besoins nouveaux qui ont été créés et que le chemin de fer à satisfaits : il n'y a donc vraiment pas de concurrence. La navigation transporte très économiquement, elle seule peut fournir à un port, à Rouen ou au Havre, par exemple, les marchandises de peu de valeur qui remplaceront avec grand avantage le lest, et c'est surtout le fret de sortie qui nous manque.

Maintenant, le prix de revient des transports sur la Seine peut certainement baisser. Je crois qu'avec de grandes embarcations, avec un

touage perfectionné, un touage fait avec des toueurs-remorqueurs, se servant de la chaîne à la remonte et descendant sur leurs hélices, on pourrait faire un service rapide et très économique ; si on réfléchit qu'un toueur peut remorquer trois embarcations de 800 tonnes, c'est-à-dire 2400 tonnes, à 4 francs la tonne, cela ferait une recette de 9600 francs pour un train. Si on fait sur cette donnée un compte d'exploitation fictif, on voit qu'il n'est nullement impossible qu'on arrive à ces prix-là ; mais pour cela il faut de grandes embarcations et des trains pleins.

On peut donc envisager dans l'avenir les transports à un prix excessivement bon marché. M. Hersent disait qu'il serait désirable qu'il se fît des transports à un franc la tonne pour 80 ou 100 kilomètres. Cela s'est fait pendant longtemps, notamment pour les tranports du sable.

Enfin je dirai un mot des raccourcis. Il y en a qui sont désirables, mais celui que citait M. Hersent, le raccourci de la Frette, ne serait pas possible. La Seine en certains points contourne ses berges qui s'avancent comme des caps dans la rivière, et qui ont une certaine altitude.

Le canal direct de Pontoise a été bien étudié et maintes fois proposé. Mais il nécessite un bief de partage à 32 *m* au-dessus de la Seine. Il n'y a aucun moyen de l'alimenter autre que des machines élévatoires ; il remplace les détours de la Seine par un escalier d'écluses à monter et à descendre. Il ne présente donc aucun avantage, et c'est pour cela qu'il a toujours été repoussé.

Je crois que dans la Basse-Seine on pourrait faire des coupures utiles, mais, telle qu'elle est aujourd'hui, la Seine est arrivée à un état satisfaisant, dépassant les espérances, et il faut attendre maintenant du progrès de l'outillage de la batellerie de très gros abaissements de tarifs.

M. Périssé. — Il est intéressant peut-être de faire remarquer que l'abaissement des tarifs s'impose, au point de vue du commerce international. La France, libre-échangiste pendant longtemps, marche vers la protection. Pourquoi ? c'est parce que nous ne pouvons pas lutter avec l'étranger, non seulement au dehors, mais même sur notre propre marché. Les transports sont une des causes de notre infériorité, au point de vue des prix de revient. Et si je prends un exemple dans les produits métallurgiques, le fer ou l'acier, si l'on veut, je dirai que dans le prix de revient d'une tonne, il y a plus de 50 0/0 de frais de transport.

Les Anglais, sous ce rapport, sont favorisés par la nature ; ils ont de nombreuses rivières à marées, rivières qui desservent les districts houillers et miniers, de sorte que, à ce point de vue économique, le prix de revient est très abaissé.

Il importe donc, pour l'avenir industriel et commercial de la

France, qu'elle cherche à transformer et à améliorer ses voies de transport et qu'elle fasse des sacrifices; car il ne faut pas compter que l'argent dépensé aura une rémunération immédiate, il faut faire entrer en ligne de compte l'avenir qu'on aura préparé. Mais on doit s'attacher à faire des dépenses sagement réfléchies et décidées, en ne recherchant que les intérêts généraux du pays. Je crois que, dans un certain sens, on est peut-être allé trop loin en créant des chemins de fer improductifs et on a un peu perdu de vue qu'il faut avant tout améliorer les voies de transport qui aboutissent à la mer, de façon à continuer les transports maritimes sans rompre charge.

Krupp reçoit chez lui le minerai de Mokta à meilleur compte que la plupart des métallurgistes français, parce que nous avons des transports par voie ferrée très coûteux, tandis que de Rotterdam à Rührort le fret n'est que de trois francs par tonne, car la nature a aussi favorisé les Allemands qui possèdent en Westphalie un centre industriel des plus importants et des plus riches.

Essayons de nous outiller pour le mieux et ne craignons pas d'immobiliser des capitaux dont nos enfants profiteront.

M. Hersent. — Il est évident que, dans l'espèce, toutes les améliorations faites aux voies navigables sont extrêmement utiles. Quand on examine ce qui se passe en Hollande, et quand on examine l'Allemagne avec sa métallurgie, on voit qu'elle profite, dans une large mesure, des améliorations faites au Rhin, pour amener les matières venant du dehors à des prix très bas. On sent bien, quand on voit ce qui se passe à Anvers, avec l'outillage et le chemin de fer qui dessert le port, on sent très bien que cela nous manque ici et qu'il faut le rechercher, même au prix de dépenses qu'on pourrait, à un certain point de vue, taxer d'exagérées. Il faut améliorer la navigation de la Seine et permettre aux produits de petite valeur d'arriver jusqu'à Rouen ou au Havre, comme les calcaires, les choses infimes qui ne paient que le transport, qui n'ont de valeur que celle du transport, mais qui font du lest gratuit : c'est là la grosse question pour les transports. Anvers expédie 50 ou 60 millions de briques, bon an mal an ; on dit : Ces briques belges, cela ne vaut pas grand'chose ! Mais on en fait des maisons, et elles tiennent. D'ailleurs, cela ne servirait-il qu'à alimenter les transports, c'est un grand résultat au point de vue économique. L'économie ne consiste pas seulement à adopter quelque chose, mais à faire vivre les gens. C'est la stagnation qui paralyse la vie des nations. Plus les rivières seront améliorées, plus nous pourrons transporter économiquement.

La question des transports joue un rôle considérable dans la vie des nations. On transporte de Paris à Marseille, à 800 kilomètres, des choses qui ne coûtent jamais moins de 35 francs. Mais, quand vous êtes au Havre, à Anvers, vous pouvez transporter des marchandises

dans le monde entier, à 35 francs la tonne. Pour envoyer des marchandises de Paris au Havre, vous payez le même prix que pour aller à Anvers; mais, à Anvers, vous trouvez des chemins mieux appropriés; vous trouvez des gens qui vous font un meilleur accueil, parce qu'ils vous font l'amabilité de recevoir votre argent. Au Havre, on est un peu raide; alors le trafic va à Anvers au lieu d'aller au Havre.

Maintenant, ce qui est fâcheux pour le Havre, c'est que le trafic du Havre ne se combine pas avec celui de Rouen, parce que, si le trafic de Rouen et celui du Havre se combinaient, il y aurait des éléments de fret pour les navires, qui chargeraient pour toutes les destinations du monde, et ce grand marché de fret est plutôt à Dunkerque qu'au Havre, et il est surtout à Anvers. C'est un point regrettable pour nous, et la raison qui doit nous faire désirer d'améliorer de plus en plus nos rivières pour transporter les petits produits.

M. Molinos. — La question des transports est devenue une question capitale, et c'est la principale raison de cette crise effroyable que nous traversons.

Depuis une trentaine d'années, nous nous sommes appliqués à supprimer les distances, nous avons percé des isthmes, nous avons perfectionné la navigation à vapeur, nous avons fait des machines consommant 0,7 *kg.* de charbon par cheval et par heure; aujourd'hui, il coûte moins cher de transporter une tonne de New-York au Havre, que de Dijon à Paris! Nous sommes en concurrence directe, nous nous sommes placés en convention intime avec des peuples autrefois séparés de nous et qui viennent sur nos marchés avec les mêmes avantages que nos nationaux, au point de vue des transports. La navigation joue donc un grand rôle; et, c'est de ses progrès et des transports à bon marché et à grande distance qu'elle permet, qu'il faut attendre pour notre industrie de nouvelles armes dans sa lutte avec la concurrence étrangère.

M. Hersent. — Les gens qui ne luttent pas ne deviennent pas forts, ceux qui luttent peuvent arriver à devenir forts. C'est la navigation qui a fait abaisser les tarifs des chemins de fer, et inversement, les chemins de fer ont fait faire à la navigation des efforts plus grands.

M. le Président. — Messieurs, M. Hersent vient de traiter avec l'autorité qui lui appartient, plusieurs questions de haute importance; je le remercie en votre nom des documents intéressants qu'il nous a présentés. Il a décrit une application nouvelle de la méthode de fondation à air comprimé, méthode bien française, comme vous le savez. Déjà nous avons suivi avec intérêt ses beaux travaux du bassin de Missiessy et du quai d'Anvers; aujourd'hui, il s'agit d'une écluse de la Seine, exécutée par des procédés ingénieux et sûrs, rapides et économiques.

M. Hersent a touché, à propos de l'écluse de Saint-Aubin, la question si difficile de la navigation de la Seine. Il a dit, et M. Molinos a été de son avis, que le programme des travaux d'amélioration de la Seine n'avait pas été tout à fait satisfaisant, en ce sens qu'on avait dépensé un gros capital, eu égard à l'économie réalisée sur les transports. Ces deux Messieurs vous ont montré, il est vrai, que dans ces sortes de divisions, qui doivent donner pour quotient l'importance de la dépense par tonne, si le dividende est certain, le diviseur est fort inconnu. Déjà le tonnage de la Seine a beaucoup augmenté par suite des améliorations réalisées ; il peut se développer encore considérablement, grâce à la baisse des frets ; les ouvrages exécutés peuvent donner passage à d'énormes tonnages. Et ainsi les millions dépensés se trouveront de jour en jour mieux justifiés.

Je remercie MM. Molinos et Périssé, et aussi M. Caméré, Ingénieur en chef de la navigation de la Seine, qui a bien voulu, en assistant à cette séance, apporter l'appui de sa présence à l'habile ingénieur qui a entrepris et exécuté les travaux de l'écluse de Saint-Aubin.

La séance est levée à dix heures.

COMMUNICATION

SUR LA

CONSTRUCTION DES ÉCLUSES

DE

SAINT-AUBIN-ELBEUF

Au moyen de Caissons métalliques et d'air comprimé,

Par M. H. HERSENT

Dans l'intérêt de la question, il est utile de dire deux mots sur la navigation de la Seine qui a été, est, et sera toujours un des grands facteurs du développement commercial et industriel de Paris.

Depuis longtemps, on s'est occupé d'améliorer le lit du fleuve pour abaisser le prix du transport; beaucoup d'ouvrages ont été exécutés sur divers points; mais ce ne fut qu'en 1840 ou 1842 qu'un projet d'ensemble fut élaboré, et mis ensuite à exécution, pour donner à la Seine un tirant d'eau minimum de 2,40 *m*. La construction du chemin de halage a également fait partie de cet ensemble de travaux dont la dépense a atteint 50 à 60 millions de francs, et les écluses de Bougival, Andrésy, Notre-Dame de la Garenne, Poses, La Monnaie, Martot, Saint-Aubin, Suresnes, Meulan et, plus tard, celle de Port-Villez, avec les barrages mobiles, en ont été les principaux ouvrages.

Presque tous les barrages construits sont du système Poirée à fermettes mobiles en fer, et aiguilles en bois.

Le tirant d'eau de 2,40 *m*, en étiage, n'a pu être obtenu sans doute à cause de quelques années de sécheresse, et peut-être aussi à cause des nombreuses prises d'eau établies sur le fleuve, qui permettent de citer le vieux proverbe, en le renversant :

« Les petites prises d'eau peuvent épuiser les grandes rivières. »

Après la guerre, en 1872, pour atténuer l'insuffisance du tirant d'eau, on fit un nouveau programme pour donner à la Seine un tirant d'eau de 3,20 *m* minimum, en temps d'étiage.

On vient de célébrer solennellement la fin de ces travaux, qui ont eu pour effet d'abaisser le prix du fret, de Rouen à Paris, d'une somme importante, et c'est de l'un de ces ouvrages, que j'ai exécuté, que je désire entretenir la Société.

Dispositions générales de l'écluse de Saint-Aubin (1).

L'écluse de Saint-Aubin est construite dans une dérivation ayant sa prise d'eau à l'amont de l'écluse de Martot, construite en 1865, pour rentrer dans le lit de la Seine en face d'Elbeuf.

Les projets avaient été faits dans la prévision d'une fondation, par les moyens ordinaires, dans une enceinte fermée, comme plusieurs de ces ouvrages ont été exécutés; mais à raison de la grande perméabilité du sol, reconnue pendant l'exécution des fouilles, MM. les Ingénieurs pensèrent qu'il serait plus sûr et plus rapide de construire cette écluse au moyen de l'air comprimé.

J'ai été chargé de cette construction à la suite d'un concours restreint, au moyen d'une convention à forfait, pour tout ce qui concernait l'air comprimé et les caissons, etc., et je dois dire que la dépense est restée dans les limites des prévisions.

La fouille étant faite au moyen du dragage, nous avons eu à combiner les dispositions pour asseoir convenablement, sur le sol, et les réunir entre eux, les caissons formant les bajoyers et ceux destinés à contenir les chambres de portes d'écluse.

Les écluses de Saint-Aubin sont séparées par un bajoyer commun et forment deux sas : un grand, de 159 mètres de longueur et 12 mètres de largeur, susceptible d'écluser à la fois un train de touage ou de remorquage, et un petit de 59 mètres de long et 8,20 *m* de large pour écluser les bateaux séparés.

Le seuil d'aval est à la cote — 2,05 *m* et celui d'amont à la cote

(1) Les travaux ont été dirigés par M. de Lagrené, Ingénieur en chef, promu Inspecteur général; M. Caméré, Ingénieur en chef, et M. Lechalas, Ingénieur, résidant à Rouen.

—0,07 *m*, c'est la différence maximum présumée de la retenue du barrage.

On avait prévu asseoir les maçonneries de fondation à la cote de —7 mètres, mais on est descendu en moyenne jusqu'à —7,46 *m*, et toute la maçonnerie des bajoyers et des chambres des portes repose uniformément sur la craie blanche compacte.

Le remplissage et la vidange sont obtenus par des vannes métalliques à jalousies donnant ou écoulant une grande quantité d'eau en peu de temps par les aqueducs.

Les plans de coupes fig. 1 à 8, pl. 146 contiennent les indications générales des ouvrages.

Moyens d'exécution.

Pour la construction, on a divisé les deux écluses en 10 fragments, correspondant à autant de parties spéciales, lesquels ont été mis en place dans l'ordre suivant (fig. 1 pl. 146) :

Caisson n° 1. — Bajoyer gauche de la petite écluse.

Caisson n° 2. — Bajoyer droit de la petite écluse, commun avec le bajoyer gauche de la grande.

Caisson n° 3. — Chambres des portes d'aval de la petite écluse et partie du bajoyer gauche de la grande.

Caissons n^{os} 4 et 5. — Complément du bajoyer gauche de la grande écluse.

Caisson n° 6. — Chambres des portes d'aval de la grande écluse.

Caissons n^{os} 7.-8.-9. — Bajoyer droit de la grande écluse.

Caisson n° 10. — Chambres des portes d'amont des deux écluses.

Il y a, en outre, 4 petits caissons pour supporter les murs en retour des têtes d'amont et d'aval a, a', a'', a'''.

Les 10 caissons métalliques ont 1,90 *m* de hauteur, sous plafond, pour les chambres de travail, et 1,50 *m* au-dessus pour la flottaison et pour le montage des batardeaux, ce qui fait, en tout, 3,40 *m* de hauteur de tôlerie perdue autour et dans la maçonnerie au fond de l'eau.

Tous ces caissons sont d'assez grandes dimensions ; ceux des

bajoyers ont 5,60 *m* de largeur et 35 à 45 mètres de longueur. Le caisson des chambres des portes d'amont a 41 mètres sur 22 mètres; il est divisé en compartiments comme les caissons de Missiessy, à Toulon; chacun des caissons des chambres de portes d'aval a environ 400 mètres carrés de surface. Ils ont été construits à terre et mis à l'eau par glissement, sur un plan incliné de 10 0/0, à marée basse.

Pour construire les maçonneries au-dessous du niveau de l'eau, on a fait usage de batardeaux mobiles, en fer, assez résistants, faciles à démonter, et pouvant s'adapter sur tous les caissons successivement, malgré leurs différentes dimensions. (Fig. 12 à 17, pl. 146.)

Ces batardeaux, formés d'une paroi en tôle armaturée de poutrelles verticales, en formes d'aiguilles, réunies entre elles, à la base, par un couloir rigide et, en haut, par une poutrelle armée et renforcée d'entretoisements, formaient des panneaux de 8,50 *m* de hauteur sur des largeurs variables de 5,30 *m* jusqu'à 13 mètres. Chaque extrémité et la partie inférieure sont munies de cheminées de 1,50 *m* de longueur ou de hauteur et 0,50 *m* de largeur pour permettre de circuler pour faire facilement le déboulonnage à la fin de l'opération. Le boulonnage se fait aussi au moyen de ces cheminées, mais toujours au dessus du niveau de l'eau, tandis que le déboulonnage dans la galerie inférieure s'exécute à 8 ou 9 mètres sous l'eau. Pour cette dernière opération, un petit épuisement à l'air comprimé a toujours suffi, et on n'a jamais éprouvé d'ennuis à ce sujet.

Le montage se faisant à sec, on obtient facilement l'étanchéité du joint horizontal au moyen d'une bande de caoutchouc posée entre le fond du batardeau et les cornières supérieures des caissons.

Les joints verticaux, entre les caissons, ont été obtenus étanches par l'interposition d'un morceau de bois de 4 à 6 centimètres d'épaisseur, posé entre les parois métalliques, et d'un calfatage à l'étoupe. Ces dispositions fort simples ont toujours donné satisfaction.

Les surfaces intérieures étaient lisses, pour faciliter l'étayage, et les nervures extérieures ont protégé la tôle contre les chocs des corps flottants, qui sont quelquefois la cause d'accidents regrettables.

Dans la pratique, l'étayage a été fait pour les bajoyers comme pour les caissons d'écluse, en trois rangs successifs à mesure de l'enfoncement, et on les a modifiés à mesure de l'élévation des maçonneries.

Généralement les maçonneries ont suffi pour étayer de suite la partie inférieure des batardeaux et donner de la rigidité à la construction métallique et aussi à rendre effectif l'appui du pied des aiguilles desdits batardeaux.

Pour les grands caissons, l'étayage des parois et l'inégalité de répartition des maçonneries ont donné lieu à un travail un peu plus compliqué ; on a dû embarquer, comme lest, la plus grande partie des matériaux du radier et des buscs ; il a été nécessaire de ménager les emplacements pour la pose des pierres et surtout l'introduction des grosses pierres des chardonnets, qui pesaient de 10 à 12 mille kilos, dont la mise en place n'a pu être faite qu'après que le remplissage du fond des chambres de travail fut effectué.

Nettoyage du fond et remplissage.

Lorsque les caissons ont été séparément amenés à leur place et descendus avec la maçonnerie jusqu'au sol, on a fait usage de l'air comprimé pour visiter le fond et le nettoyer des résidus des dragages qu'on y a rencontrés sur une couche d'environ 1 mètre de hauteur, qui a été enlevée partie à l'aide des siphons à air comprimé pour les parties molles (1), et partie à l'aide des écluses à air pour les débris solides et les cailloux. On a fait ensuite un peu de fonçage, et le tranchant du caisson a été partout encastré dans le sol calcaire, de façon que toute la base est exactement assise sur le terrain bien solide.

Ce n'est qu'après ce nettoyage préalable et après la visite du fond de chaque caisson, par MM. les Ingénieurs, que le remplissage, avec du béton fabriqué à l'extérieur, a été opéré par des écluses à air spéciales (2) qui permettent d'introduire jusqu'à

(1) Il est peut-être utile de rappeler, au sujet du siphonnage de la vase et du sable, que M. Triger s'est servi du même principe de la pression dans un vase clos pour extraire de l'eau et de la vase du fond de son puits de Chalonne à une hauteur de plus de 30 mètres avec une pression d'air moins grande, en faisant entrer de l'air comprimé dans la colonne montante.

(2) Les écluses à béton sont celles qui ont servi aux bassins de radoub de Toulon.

100 mètres cubes de béton par jour, de le ranger avec soin et bien bourrer sous le plafond en commençant aux extrémités et en se retirant vers la base de la cheminée de l'écluse de communication pour les hommes. Au-dessous de l'écluse à air, pour le passage des hommes, il y a une éclusette spéciale pour l'introduction du béton qui sert à remplir les dernières parties de la chambre de travail, la base de la cheminée elle-même et à faire le joint de sortie.

La base des cheminées de bétonnières et celle de la cheminée d'écluse sont restées au fond dans la maçonnerie ; deux jours après l'achèvement du remplissage, on a démonté toutes les cheminées, à partir du premier joint, et on a enlevé toutes les parties supérieures ; puis on a fermé les puits des cheminées avec du béton et de la maçonnerie. Tout le massif de maçonnerie au-dessous du niveau des basses eaux a été construit avant l'enlèvement des batardeaux. Le reste des maçonneries, hors de l'eau, a été exécuté après l'enlèvement des batardeaux et après l'exécution des joints dont il est question ci-après.

Joints entre les caissons.

La construction successive des maçonneries sur les caissons, et leur mise en place avec exactitude, voire même le raccordement des parements, s'est réalisé sans entraves et d'une façon satisfaisante. Il en a été de même de la réunion des divers tronçons entre eux, malgré de petites difficultés de détail qui ont été résolues.

Pour les joints entre deux caissons de bajoyers, on a procédé de la manière suivante :

1° Avec un jet d'air comprimé on a agité le sol du fond, et avec une pompe on a enlevé l'eau contenant la vase ou la terre mises en suspension, de sorte qu'au fond du joint, entre les deux caissons, il n'y a plus eu que des cailloux propres et en quantité qu'on a pu constater par les sondages et même avec le scaphandre pour les extraire ou laisser en place.

2° Les deux panneaux en tôle (*ab*, fig. 9, 10 et 11, pl. 146) ont été mis en place et on les a assujettis de chaque côté au moyen de deux pilots et d'une ligature intérieure.

3° On a coulé, au fond de la rainure, d'abord une couche de

mortier au ciment de Portland pour amalgamer sûrement la petite couche de cailloux restée au fond et marier le tout avec le sol calcaire; par-dessus le mortier on a coulé du béton sur une petite épaisseur et on a attendu la prise; on a coulé une seconde épaisseur, puis une troisième et une quatrième, toujours à un jour d'intervalle pour que les parties inférieures aient eu le temps de prendre de la consistance. La dernière couche, qui atteignait le niveau où l'eau descend à basse mer, était un peu relevée sur les bords de façon à faciliter l'étanchéité des deux panneaux destinés à former les batardeaux. Ces panneaux étaient naturellement sollicités à serrer les murs au moment de l'épuisement; leurs bords extérieurs, en contact avec le parement des maçonneries faites sur les caissons, étaient garnis de coussins remplis en mousse pour assurer leur étanchéité au moment du contact. Généralement, l'opération d'épuisement et d'étanchéité a réussi du premier coup; mais il est aussi arrivé quelquefois qu'on a dû faire obstruer des rentrées d'eau qui provenaient d'un manque de précautions.

L'élévation des maçonneries de briques et de moellons n'a donné lieu à aucun incident particulier après l'asséchement entre les batardeaux. En raison des diverses formes de joints, on a fait des panneaux différents pour chaque cas particulier, leur poids a été en moyenne de 3 000 kilos.

L'achèvement des maçonneries, au-dessus du niveau de l'eau, a permis de constater la précision relative avec laquelle les blocs, séparés des bajoyers de l'écluse, ont été mis en place. A la partie supérieure le tout paraît avoir été fait d'un seul morceau.

Organisation des chantiers.

Le mortier a été fabriqué avec deux broyeurs à roues, employés aux grands travaux de maçonneries, l'un de l'ancien type à cuve fixe et roues mobiles, l'autre à cuve mobile et roues fixes, mis en mouvement par une machine à vapeur de 18 chevaux qui actionnait en même temps une pompe pour l'élévation de l'eau nécessaire à la confection du mortier et au lavage des cailloux à béton.

L'air comprimé, nécessaire pour les caissons, a été fourni par 4 compresseurs à deux cylindres, mis en mouvement par deux ma-

chines de 25 chevaux chacune, lesquelles actionnaient, aussi, une machine Gramme pour l'éclairage électrique au moyen de 4 bougies Jablockoff. A la fin des travaux de fonçage, on a éclairé le fond des caissons au moyen de lampes à incandescence, actionnées par un courant électrique produit par deux batteries de piles au bichromate de potasse sursaturé dont l'entretien n'est pas trop difficile. Ce système peut devenir pratique sinon économique ; depuis cette expérience en 1880, l'emploi des lampes à incandescence est devenu ordinaire pour cet usage, mais on produit l'électricité au moyen de la machine Gramme.

Pour le débarquement des pierres de taille et le chargement sur wagon, nous avons employé une grue à vapeur, roulant sur une voie de 2,50 *m* qui a rendu de bons services, aussi bien pour le classement de la pierre brute que pour la reprise des pierres taillées au moment de l'emploi.

Une grue roulante, à chariot, a été installée sur les grands caissons des chambres de portes pour faciliter la manutention des pierres de taille et leur mise en place.

Une bigue flottante qui permettait de lever et mettre en place les fragments de batardeaux, les grosses pierres de taille de 10 à 15 mille kilos et d'embarquer dans les caissons tous les matériaux de maçonnerie, a rendu les plus grands services et facilité beaucoup d'opérations considérées comme délicates ou difficiles.

Les plans inclinés sur lesquels on a contruit les caissons pour les mettre à l'eau complétaient l'installation des chantiers.

Après l'exécution des travaux, il s'est produit, à l'écluse de Saint-Aubin, un fait important qui parait avoir été remarqué pour la première fois.

Au commencement de l'hiver 1883-84 on a observé des petites fissures verticales dans la maçonnerie des bajoyers, au droit de quelques joints ; *plusieurs* briques furent cassées par arrachement. Ces fissures ont eu jusqu'à 1/2 *mm* d'épaisseur au plan d'eau, et s'arrêtaient 1,50 *m* ou 2 mètres au-dessous du couronnement. On a cru qu'elles avaient été déterminées par l'abaissement de la température qui aurait contracté le fer des caissons. Il faut peut-être chercher d'autres causes pour expliquer cet effet, car on a refait les parements et le mouvement paraît s'être produit de nouveau.

Après l'exécution des travaux, on a fait un radier en béton de

2 mètres d'épaisseur dans les sas d'écluse, tant pour renforcer les murs des bajoyers que pour assurer l'étanchéité du fond.

Conséquences de l'emploi de l'air comprimé pour les travaux de la Seine.

Après le commencement d'exécution de l'écluse de Saint-Aubin, l'emploi de l'air comprimé s'est généralisé aux ouvrages des barrages. C'est ainsi qu'on a fait les barrages de Poses, de Port-Mort et de Meulan au moyen de caissons foncés à l'air comprimé.

On peut croire que si, dès l'origine des travaux, on eût eu recours à l'emploi de l'air comprimé, on aurait pu réaliser une notable économie sur la dépense qui a été faite et qu'on aurait aussi pu diminuer la durée des travaux.

Questions économiques.

Avant 1842, le fret de Rouen à Paris était de 15 à 20 francs.

Au moyen de l'écluse du pont de l'Arche et de quelques dragages, le fret descendit à 12 ou 14 francs la tonne.

Après l'exécution des écluses, à mesure que l'effet des améliorations se fit sentir, le fret s'abaissa, en 1855, à 6 ou 8 francs.

Aujourd'hui, on pense que ce même fret va arriver à 4 francs ; même à 3 francs.

Il serait très intéressant de pouvoir calculer quelle est la dépense par tonne transportée, applicable à l'intérêt de la dépense faite et à l'entretien des travaux.

On peut admettre que de 1855 à 1880 le trafic général de la Seine, entre Rouen et Paris, a été de 250,000 à 300,000 tonnes.

Appliquons, à ces 300,000 tonnes l'intérêt des 2/3 des dépenses faites avec celles de l'entretien en raison de ce que la navi-

gation de l'Oise à Paris doit en supporter aussi une partie.

Intérêts à 5 0/0 de 60 millions, dépensés, soit par an	Fr.	*3.000.000* »
Dépenses annuelles et d'entretien des ouvrages, environ.		*500.000* »
Dépense annuelle. . . .	Fr.	*3.500.000* »

dont les 2/3, — soit $\frac{2{,}333{,}333}{300{,}000}$ produit une somme de 7,78 *f* par tonne.

Dans cette hypothèse, l'État aurait supporté presque toutes les différences du prix du transport par eau sur le fleuve.

En appliquant le même calcul sur les travaux qu'on vient d'exécuter et qui ont eu pour but d'abaisser le prix du fret de Rouen à Paris de 6 francs à 3 francs, on obtient comme résultat :

Intérêt d'une somme d'environ 60,000,000 .	Fr.	*3.000.000* »
Entretien des ouvrages anciens et nouveaux . .		*600.000* »
Dépense annuelle. . . .	Fr.	*3.600.000* »

dont les 2/3 à répartir sur 700 000 tonnes, soit $\frac{2\ 400\ 000}{700\ 000}$ donne 3,42 *f*.

Ce raisonnement considéré d'une façon abstraite condamnerait évidemment la navigation au *statu quo*; mais cela ne serait pas juste. Il est certain que le bas prix du fret, qui a motivé des développements industriels et commerciaux d'une grande importance, permettra de trouver la compensation des dépenses faites. Le développement du port de Rouen et l'augmentation du trafic en sont les premières preuves, que l'augmentation du trafic actuel affirmera.

Pourtant, il semblerait qu'il y a une erreur économique quand, d'un côté, l'État fait des dépenses qui correspondent, presque, à la gratuité des transports par eau, en faisant concurrence aux chemins de fer, sur lesquels il perçoit 20 0/0 de la recette brute sous toutes les formes fiscales d'impôts : sur les actions, les obligations ; sur la grande et la petite vitesse, etc., etc., et que, de l'autre côté, il garantit les insuffisances de recettes de ces mêmes chemins de fer.

La Ville de Paris a contribué à la dépense par une subvention qui est un allègement pour le Trésor, mais il n'est pas moins vrai

qu'il y a une grand intérêt dans la recherche des conditions économiques résultant des grands travaux, et à la répartition la plus rationnelle des ressources du pays pour des ouvrages productifs.

On parle de projets de canaux divers pour amener les navires de mer jusqu'à Paris. Lorsqu'on est en présence d'un fret de 3 francs, entre Rouen et Paris, ne serait-il pas plus sage, au lieu de chercher de trop coûteuses combinaisons, de s'efforcer d'abaisser encore ce fret? En améliorant l'état de choses actuel, soit par quelques coupures pour des raccourcissements de distance, comme celles de Rouen à Poses, en évitant Elbeuf; de la Frette à Asnières, évitant Bougival et Saint-Denis, et peut-être d'autres, on parviendrait à un nouvel abaissement du prix du transport entre Rouen et Paris. Enfin, si on faisait un tunnel d'Orival à la Bouille, pour éviter Rouen, les embarcations du Havre profiteraient d'un raccourcissement important et utiliseraient mieux le canal de Tancarville.

Mais ce qui serait de la plus haute importance pour le développement du trafic de la Seine et pour desservir Paris, ce serait : *l'achèvement des digues de la basse Seine, l'accès direct et facile du port de Rouen à la mer, et les grandes améliorations du port du Havre pour lui permettre de lutter contre Anvers et Londres.*

Ces questions ont donné lieu à de grandes discussions; malheureusement elles ne sont pas résolues ou sont menacées de solutions incomplètes. En visitant le port d'Anvers, on est saisi de l'évolution qui s'est faite, au point de vue nautique, dans l'exploitation des nouveaux quais de l'Escaut.

Il y a encore du travail pour les Ingénieurs de l'avenir, mais surtout pour les économistes; il faudrait trouver des revenus pour l'État, là où il n'y a que des dépenses.

TABLEAUX GRAPHIQUES

POUR LE

CALCUL DES RESSORTS A LAMES

EMPLOYÉS

DANS LE MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

PAR

Henri CHEVALIER

Dans leur travail sur l'établissement des ressorts à lames, MM. Rey et H. Vallot ont donné des formules nouvelles et pratiques tirées de la théorie générale de Phillips (I. C., 4e série, 15e volume). Ces formules s'appliquent spécialement aux ressorts employés dans le matériel des chemins de fer, *ressorts incomplets*, dans lesquels on laisse toujours une certaine longueur prismatique entre les deux amincissements de la dernière feuille, et dans lesquels on soutient la première feuille qui n'est jamais amincie par une ou plusieurs autres de même longueur. On suppose ici qu'il n'y en a qu'une.

Ce sont les formules qui sont représentées sur les deux tableaux suivants. Les notations sont celles de MM. Rey et H. Vallot :

2 L Longueur de la 1re feuille ;
a Largeur des feuilles ;
e Épaisseur des feuilles ;
n Nombre total des feuilles ;
f Flexibilité par tonne de charge ou de tension ;
2 Q Charge totale du ressort ;

α Coefficient d'allongement par mètre que l'on peut prendre égal à 0,003;

E Coefficient d'élasticité que l'on peut prendre égal à 20 000 000 000;

M Moment d'élasticité $M = \frac{E\,a\,e^3}{12}$.

Soit la formule :

$$2L = 0{,}096 \sqrt{\frac{Q\,e\,f}{\alpha}} ;$$

on peut la mettre sous la forme :

$$2L = 0{,}096 \sqrt{\frac{e\,f}{\alpha}} \times \sqrt{Q} ,$$

et considérer le produit $e \times f$ comme constant, 2 L et $\sqrt{Q}$ étant les variables. On a alors une droite passant par l'origine des coordonnées et correspondant à des valeurs de e et de f, telles que leur produit soit égal à la valeur qui a été choisie comme constante.

En donnant au produit $e \times f$ toutes les valeurs convenables, on obtient un faisceau de lignes droites qui correspondent à des flexibilités variant de 4 à 250 millimètres pour des épaisseurs de feuilles variant de 8 à 15 millimètres.

Ces faisceaux sont représentés sur le tableau n° 1, mais afin d'en réduire les dimensions, l'origine des coordonnées se trouve en dehors du tableau.

Les valeurs de 2 L se lisent sur une parallèle à l'axe des X et les valeurs de $\sqrt{Q}$ sur une parallèle à l'axe des Y. Pour faciliter la lecture, au lieu des valeurs de $\sqrt{Q}$, on a inscrit les valeurs correspondantes de 2 Q. Les colonnes à droite et à gauche donnent les valeurs de f pour chacune des valeurs de e.

On connaît toujours 2 Q ; on pourra donc déterminer e, f ou 2 L en se donnant deux de ces quantités.

Il faut ensuite chercher n le nombre des feuilles du ressort, et a leur largeur.

On a : $$f = \frac{217\,L^3}{M\,n}$$

ou bien $$n = \frac{27}{M\,f} \times (2L)^3.$$

Si l'on pose $N = \frac{27}{Mf}$

$n = N\ (2L)^3$.

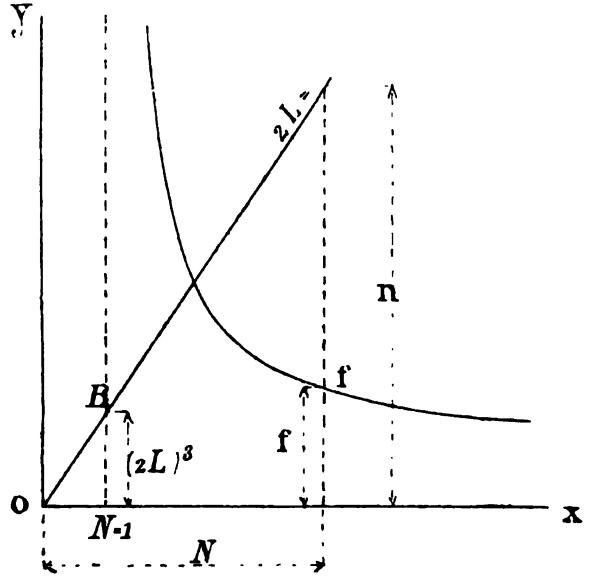
Rappelons que l'on a :

$$M = \frac{E\,a\,e^3}{12}.$$

Si l'on suppose M constant dans la formule $N = \frac{27}{Mf}$, N et f sont les variables et l'on a une hyperbole équilatère. Les hyperboles correspondant aux valeurs de a et de e sont représentées sur le tableau n° 2, en adoptant un trait différent pour les valeurs $a = 60$ *mm*, $a = 75$, $a = 90$, $a = 100$, qui sont les largeurs les plus usitées.

Si l'on compte f sur les Y, N se lira sur les X. Connaissant N, on aura n, soit en faisant le produit $N\ (2L)^3$, soit en construisant ce produit.

Sur la verticale $N = 1$ on compte $NB = (2L)^3$; on joint ce point à l'origine des coordonnées et l'on prolonge OB jusqu'à



l'intersection avec la verticale passant par le point f correspondant à la courbe ae, et cette ordonnée, comptée à l'échelle de droite du tableau, donne la valeur de n.

De l'origine des coordonnées, on peut tracer sur le tableau n° 2 les lignes telles que O B correspondant aux valeurs de 2 L de cinq en cinq centimètres, ce qui permettra de trouver n immédiatement.

Les recherches des différents éléments d'un ressort peuvent se faire en suivant un autre ordre que celui adopté dans cette note ; on peut aussi, suivant les nécessités, adopter des valeurs différentes de celles qui sont données par les tableaux ; on vérifiera alors la flexibilité au moyen de la formule donnée par MM. Rey et H. Vallot :

$$f = \frac{500\ L^3}{3\ M}\left[\frac{2\ L^3 + (L - L_1)^3}{2\ n\ L^3 + (L - L_1)^3}\right]$$

L_1 1/2 longueur de la partie prismatique de la dernière feuille.

Et on s'assurera que l'on n'a pas dépassé la limite d'élasticité du métal en calculant α par la formule :

$$= \frac{e\ Q\ L}{2\ M\ n}.$$

Remarque.

Dans le cas des ressorts de traction et de suspension, MM. Rey et Vallot donnent la formule :

$$e = \frac{433\ L^2\ \alpha}{Q \times f}$$

ou, en prenant $\alpha = 0{,}003$:

$$e = \frac{13\ L^2}{Q \times f}.$$

Dans le cas des ressorts de choc, la formule serait :

$$e = \frac{450\ L^2\ \alpha}{Q \times f}$$

et $\alpha = 0{,}004$:

$$e = \frac{18\ L^2}{Q \times f}$$

Le produit $e \times f$, pour des valeurs égales de L et de Q, est égal pour les ressorts de suspension aux 13/18 ou, très approximativement, aux 3/4 de sa valeur pour les ressorts de choc.

On pourra donc se servir du tableau n° 1, à la condition de prendre pour la quantité *e* ou *f* les 3/4 de la valeur donnée.

Pour les ressorts de choc, MM. Rey et H. Vallot donnent :

$$Q = \sqrt{Q_0 + \frac{500\ T}{f}}$$

Q_0 étant la demi-tension initiale ;

T la quantité de travail que le ressort doit pouvoir absorber.

EXCURSION

A ROUEN ET AU HAVRE

COMPTE RENDU

Par M. DE DAX

Parmi les questions qui touchent à la vie d'un peuple et à sa richesse, l'une des plus importantes est sans contredit celle du développement de ses relations commerciales tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

La facilité des communications, l'agrandissement des ports et l'extension de leur puissance d'action sont les conditions de ce développement.

Aussi, depuis quelques années, de tous côtés l'on fait dans ce but des travaux considérables.

Anvers, Gênes, Trieste, ont donné l'exemple.

La France ne devait pas rester en arrière, et les ports de Dunkerque, Boulogne, le Havre ont, eux aussi, reçu d'importantes améliorations.

La Société des Ingénieurs Civils a discuté souvent les questions qui se rattachent à cet ordre d'idées : les ordres du jour sont là pour en témoigner. Plusieurs visites avaient été faites naguère aux ports étrangers. Il importait maintenant de chercher à se rendre compte des travaux exécutés en France.

Guidé par cette pensée, notre président, M. Brüll, décida, d'accord avec le Comité, qu'une excursion serait faite au Havre.

Grâce à ses démarches et après de nombreuses lettres échangées, un programme des plus instructifs en même temps que des plus attrayants fut élaboré, et le départ fixé au 16 juillet.

La Compagnie de l'Ouest avait bien voulu mettre à notre disposition des billets réduits nous facilitant le retour soit par le Havre, soit par Trouville. Près de 80 membres s'étaient fait inscrire, mais, par suite de diverses causes, les partants n'étaient le 16 au matin que 48. Notre nombre, du reste, devait s'augmenter rapidement en route.

Arrivés à Rouen à 10 heures 30 minutes du matin, nous trouvons à la gare, grâce aux bons soins de nos collègues de Rouen, des voitures qui nous menaient, sans perdre de temps, au quai Jeanne-d'Arc. Là se trouvait sous vapeur le bateau à roues *le Rapide*, l'un des meilleurs marcheurs de la ligne du Havre à Trouville, frété gracieusement par un groupe d'industriels, d'ingénieurs et de négociants de Rouen pour permettre à notre Société de visiter fructueusement la Seine maritime.

A 11 heures 30 minutes, le signal du départ était donné, et les excursionnistes voyaient passer devant leurs yeux le panorama de Rouen, les rives de la Seine et les travaux considérables en cours d'exécution en aval de la ville.

M. de Coëne qui était venu à la gare au devant de nous avec M. Bert et quelques amis, avait fait préparer de nombreux plans. Grâce aux explications de ces messieurs, nous avons pu saisir pour ainsi dire au vol l'ensemble de ces grands travaux (1).

Établissement de nouveaux quais, redressement et approfondissement du lit de la Seine, création près de l'île de Croisset, de bassins au bois et à pétrole, barrage flottant métallique pour l'isolement de ce dernier en cas d'incendie, plan incliné système Labat, travaux de M. Dollot, notre collègue, passent successivement devant nos yeux. Tout cela fait partie d'un ensemble dont l'achèvement formera un établissement maritime incomparable. Paris, Rouen, Honfleur, le Havre, ne feront pour ainsi dire qu'une seule ville dont la Seine sera la grande rue.

Mais le grand air aidant, la science cède le pas à l'appétit et les tables préparées pour le déjeuner se garnissent en quelques instants.

(1) Voir Mémoire de MM. de Coëne (Bulletin d'avril 1886, page 345, planches 114 et 115), et Le Brun (Bulletin de juin 1886, page 618, planches 119, 120 et 121).

Cependant le vapeur faisait bonne route sous l'habile direction de M. Duchemin, son capitaine, que quelques jours plus tard une décoration bien méritée devait récompenser de ses nombreux actes de courage et de dévouement.

Nous saluons au passage la Bouille, Jumièges et ses ruines, Caudebec, Quillebœuf. La Seine s'élargit peu à peu et montre à nos yeux combien il est nécessaire d'améliorer son estuaire.

En effet, près de Berville, puis en face de Honfleur, apparaissent les épaves des navires qui ont touché et n'ont pu être renfloués.

Malgré les bouées nombreuses qui balisent le chenal, vapeurs et voiliers témoignent par leurs débris de l'instabilité du régime des eaux et des variations du chenal.

Vers cinq heures le Havre nous apparaît.

Parmi les documents mis à notre disposition se trouvait une « Carte d'un avant-projet d'amélioration au port du Havre et aux passes de la Seine ».

Cet avant-projet prévoit l'établissement sur les hauts fonds de la rade de trois digues gigantesques et l'établissement d'un terre-plein conquis sur la mer, créant ainsi un avant-port-nord, un avant-port-sud, ainsi qu'un certain nombre de bassins à flots et de forme de radoub.

Pour nous permettre de nous en rendre compte, *le Rapide* contournant la jetée extrême, côtoie la rive vers Sainte-Adresse jusqu'à la hauteur de la Batterie des Huguenots, nous facilitant ainsi la vue d'ensemble du Havre; puis virant de bord, il entre dans les jetées, et, à cinq heures et demie, nous étions à quai.

Nos hôtes rouennais, qui nous avaient offert si gracieusement une traversée superbe et instructive, nous remettaient alors entre les mains de nos collègues du Havre.

L'affluence des étrangers venus pour les fêtes de l'Exposition, nous avait fait craindre de ne pas trouver où nous loger.

Mais là encore tout était préparé. M. Marmiesse, ingénieur en chef de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée et notre collègue, avait bien voulu se charger de ce soin; qu'il nous soit permis de l'en remercier.

Le lendemain matin était réservé à la visite de l'Exposition.

M. Latham, vice-président de la Chambre de commerce et pré-

sident du Comité d'organisation, ainsi que M. Bénard, président du Syndicat général du commerce et de l'industrie, et directeur de l'Exposition, avaient eu l'obligeance de donner les ordres nécessaires pour que l'entrée de l'Exposition nous fût ouverte de bonne heure. Nous les en remercions ici.

Nous n'insisterons pas sur les dispositions des bâtiments et de l'Exposition en elle-même, que beaucoup de nos collègues connaissent.

Disons seulement qu'on a tiré un excellent parti de l'emplacement disponible et que le bassin du Commerce, situé au centre de l'Exposition, lui donne un cachet fort original.

M. Harel, qui a dressé les plans, et M. Pombla, qui a exécuté les charpentes, méritent des félicitations.

Bientôt nous étions tous réunis dans la galerie occupée par l'Exposition des ponts et chaussées.

L'administration, en effet, a exposé une série complète des plans et travaux exécutés ou projetés ainsi que des modèles d'une exécution irréprochable représentant les principaux ouvrages d'art du Havre.

Grâce aux explications de M. Quinette de Rochemont, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui avait bien voulu nous donner rendez-vous à l'Exposition, ainsi que MM. Widmer et Desprez, ingénieurs ordinaires, il nous fut facile de nous rendre compte d'une façon succincte de l'importance des travaux déjà exécutés, des installations en cours ou projetées et des difficultés rencontrées et, on peut le dire, vaincues.

Le lendemain, du reste, nous devions sur place voir tous ces travaux.

Nous jetons en passant un coup d'œil sur les modèles de cabine de luxe exposés par la Compagnie transatlantique et dont M. Chabrier, notre collègue, administrateur de la Compagnie, nous fait les honneurs, et nous arrivons à l'exposition du Bureau Veritas.

Les indications de M. T. Rist, un des experts de cette Compagnie au Havre, nous permettent de comparer les types de navires exposés.

Nous citerons plus spécialement :

Dans la section française, la collection des registres du Bureau Veritas de 1828 à 1887, le modèle du garde-côte cuirassé *le Requin*, des bateaux de pêche, le Bateau-Pompe, etc., etc.

Dans la section anglaise, les modèles de paquebots à grande vitesse, « l'Alaska », « l'Eider », « la Normandie », « le Minister Maybail », navire destiné au transport des pétroles en vrac, etc., etc.; enfin divers types fort intéressants, dans les sections allemande, italienne, espagnole, suédoise, hollandaise, etc., et entre autres le modèle du croiseur rapide *l'Unebi*, destiné au Gouvernement japonais, et qui a disparu corps et biens en se rendant au Japon.

Continuant notre visite, nous trouvons l'exposition de la Société de Firminy. Des spécimens d'obus et de fils d'acier montrent à quel degré de ténacité et de résistance cette usine est arrivée dans la fabrication de ses fers.

Plus loin, des plaques de blindage exposées par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée attirent notre attention. Les nombreux obus fichés dans ces plaques témoignent de leur résistance et de la dureté des projectiles.

Nous remarquons aussi le pont tubulaire démontable de notre collègue, M. de Brockocki.

Un coup d'œil très rapide sur l'ensemble de l'Exposition ne nous permet pas de signaler ceux de nos nombreux collègues qui y ont pris part. Citons au hasard les modèles et plans en relief de MM. Regnard frères, les machines pour l'éclairage électrique de MM. Sautter et Lemonnier, les bétons de M. Coignet, les chaînes de M. Turbot, les poulies de M. Brancher, l'exposition de MM. Piat, Duroy de Bruignac, Damoizeau, Decauville, Flicoteaux; les compteurs Michel et Frager, l'exposition de MM. Geneste et Herscher. Ces derniers ont installé à bord de « *la Favorite* », corvette de l'État qui figure à l'Exposition, divers appareils de désinfection, ainsi que les modèles d'installations sanitaires pour appartements.

Un spécimen de laboratoire de microbiologie complète la démonstration.

Nous remarquons encore la canonnière Farcy, l'exposition de la Chambre de commerce du Havre avec ses puissants et ingénieux appareils de sauvetage, un torpilleur, divers types de chaudières et machines motrices, et bien d'autres installations fort intéressantes qu'il nous est impossible d'énumérer.

A onze heures et demie chacun se retrouvait au restaurant de l'Exposition, et à midi et demi des tramways spécialement retenus à cet effet nous menaient à l'écluse du canal de Tancarville.

MM. Allard et Hallier, nos collègues, ainsi que M. Letellier, entrepreneurs des travaux de creusement et des ponts, nous recevaient à bord de deux petits vapeurs et nous partions dans la direction de Tancarville, faisant ainsi une excursion qui, sans être officielle, n'en était pas moins fort instructive.

Le canal du Havre à Tancarville (1) a pour but de faciliter les communications par batellerie entre le port du Havre et la Seine, évitant ainsi aux bateaux de la navigation intérieure les dangers que présente la traversée de l'estuaire.

Déjà, en 1785, Lamblardie avait proposé d'établir un canal entre le Havre et Villequier.

En 1826, 1827, 1829, Bérigny et Fresnel présentèrent des projets analogues.

En 1876, M. Masurier, maire du Havre, adressa à ce sujet une lettre à M. Mallet, président de la Chambre de commerce. Enfin après de longues discussions, une loi de juillet 1880 déclara d'utilité publique le canal du Havre à Tancarville.

Les études définitives permirent de reconnaître que le meilleur emplacement pour le départ du canal était, non pas le bassin Vauban primitivement prévu, mais bien le bassin de l'Eure.

En effet, par sa situation et ses dimensions, le bassin de l'Eure permet à la batellerie fluviale d'arriver au centre des opérations commerciales et maritimes, et facilite le raccordement possible du canal tant avec le bassin Bellot qu'avec le dixième bassin projeté depuis plusieurs années.

Partant du fond du bassin de l'Eure, le canal s'infléchit à un kilomètre de là vers le nord-est, traverse en diagonale la plaine de Graville, passe devant Harfleur, puis, suivant une courbe de 3 000 mètres de rayon, il longe les coteaux de Gonfreville-l'Orcher, Rogerville, Oudalle et Sandouville et gagne Tancarville à travers les prairies des communes de Saint-Vigor, La Cerlangue et Tancarville.

Il débouche dans la Seine à 96 kilomètres en aval de Rouen; et sa longueur totale est de 25 kilomètres.

Le canal est complété par un embranchement perpendiculaire à sa direction et qui le relie au port d'Harfleur.

(1) *Notice sur le canal du Havre à Tancarville*, par M. M. Widmer.

Le niveau normal du canal a été fixé à un mètre en contre-bas du niveau moyen des terrains entre le Havre et Tancarville.

Le tirant d'eau entre le Havre et l'embranchement d'Harfleur, y compris cet embranchement, est de 6 mètres.

De cet embranchement jusqu'à Tancarville, le tirant d'eau a été fixé à 3,50 *m*, soit 0,30 *m* de plus que la profondeur minima de la Seine en amont de Rouen, lorsque les travaux d'amélioration du fleuve seront terminés.

Le canal est formé d'un seul bief et présente à chaque extrémité un sas éclusé.

Afin de pouvoir opérer le sassement en toutes circonstances, les écluses sont munies de portes fermant dans les deux sens.

Pour permettre de communiquer entre les deux rives du canal, on a établi entre le Havre et Harfleur un certain nombre de ponts. Au delà, jusqu'à Tancarville, on a prévu un certain nombre de bacs.

Le canal présente au Havre un garage et un bassin fluvial ; à Graville un garage, ainsi qu'à Tancarville.

Le garage du Havre a 50 *m* de large. Le quai nord a 212 *m* de long ; le quai sud 230 *m*. La profondeur d'eau est de 6,50 *m* environ.

L'écluse aval du sas a 16 *m* de large et 54 *m* de long. Le tirant d'eau moyen est de 6 *m*.

L'écluse est munie de deux portes d'Ebe et de flot à deux vantaux.

Le sas a 180 *m* de long et 30 *m* de large. L'écluse amont a les mêmes dimensions que l'écluse aval.

Les portes des écluses présentent le même système de construction que les nouvelles portes de l'écluse des Transatlantiques. Chaque vantail est pourvu d'une entretoise horizontale unique, placée à la partie supérieure et destinée à supporter, concurremment avec le busc en maçonnerie, toute la charge d'eau que subit le vantail. Cette charge est transmise par trois poutres verticales s'appuyant, sur l'entretoise à la partie supérieure, et sur le busc à a partie inférieure.

La manœuvre des divers appareils, écluses, portes, cabestans, se fait au moyen de moteurs hydrauliques recevant l'eau sous pression des machines placées au sud du quai aux bois.

La presque totalité des déblais du canal, soit près de cinq millions de mètres cubes, a été faite par des machines.

Excavateurs et transporteurs ont fonctionné régulièrement, produisant quelquefois par appareil et par jour jusqu'à 2360 m^3 de déblais.

Le prix de revient du mètre cube transporté ne paraît pas avoir dépassé 0,52 *f*, mais non compris l'amortissement et les frais de réparation du matériel non plus que les frais généraux.

Après la mise en eau des fouilles, le creusement du canal a été achevé par trois dagues à godets.

Divers systèmes ont été employés pour transporter sur la rive les matières enlevées par les godets.

La drague la plus perfectionnée, appartenant à M. Allard, a produit, en décembre 1886, 582 m^3 par jour, soit 29 m^3 à l'heure, avec un prix de revient moyen de 0,32 *f*.

Les ponts tournants situés sur le canal entre le Havre et l'embranchement de Honfleur sont au nombre de quatre.

Ils franchissent des pertuis de 16 *m* de largeur, tournent sur pivot métallique et on les cale avec deux verrins et deux coins à vis.

Les culées sont fondées sur une couche de béton de 1 *m* d'épaisseur, reposant sur pilotis.

Ces travaux ont donné lieu à quelques difficultés d'exécution, surtout à cause des venues d'eau.

Entre le Havre et Tancarville se trouve d'abord le garage de Graville, qui est un véritable bassin à flot destiné à desservir la plaine de l'Eure. Sa longueur est de 300 *m* et sa largeur de 110.

Il y a en plus deux élargissements du canal formant ports privés. L'un, à l'est du garage de Graville, appartient à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, qui a l'intention d'y faire l'armement des bateaux qu'elle construira sur ses chantiers de Graville ; l'autre, à MM. Humbert et Noël, qui y feront venir les navires chargés des bois dont ils ont besoin.

A Tancarville même, les ouvrages principaux sont :

Un sas éclusé de 180 *m* de long et 30 *m* de large, avec une profondeur minima de 3,20 *m*.

L'écluse Ouest a, comme celle du Havre, 16 *m* de large et 75 *m* de long.

L'écluse Est a 16 mètres de large et seulement 60 mètres de longueur. La profondeur *minima* est de 3,20 *m* à basse mer.

Les portes des écluses, les ponts et les vannes sont manœuvrés par l'eau comprimée.

Le pivot du pont est constitué par une presse hydraulique dont le plongeur peut se soulever de 0,15 *m*. La stabilité est assurée par une couronne de galets et la rotation s'effectue au moyen d'appareils funiculaires.

L'eau comprimée est fournie par deux machines verticales sans condenseur de 48 chevaux chacune. Chaque machine actionne au moyen d'excentriques trois pompes à plongeur. Les générateurs de vapeur sont à bouilleurs.

La pression est fournie par deux accumulateurs de 530 litres de capacité et elle est de 54 kilos par centimètre carré.

Après avoir ainsi examiné successivement le mode d'exécution du canal ainsi que les travaux et les appareils accessoires, nous dûmes songer au retour.

Une drague avec tuyaux de décharge flottants nous retint encore quelques instants.

M. Vasset, membre de la Société, auquel cette drague appartient, voulut bien la faire fonctionner devant nous.

Cependant il fallait se hâter, car à sept heures et demie devait avoir lieu, à l'hôtel Frascati, un banquet du reste sans cérémonie.

M. Quinette de Rochemont, ingénieur en chef des ponts et chaussées ; M. Maurice Widmer et M. Desprez, ingénieurs ordinaires ; M. le commandant Roger, directeur de l'atelier d'usinage pour bouches à feu, créé par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée au Havre, et M. Letellier avaient bien voulu accepter notre invitation.

La plus franche cordialité n'avait cessé de régner et à la fin du repas M. Brüll, notre président, porta le toast suivant :

« Messieurs,

» Je vous propose de boire à la santé de nos invités et de les » remercier d'avoir honoré de leur présence cette réunion intime.

» Nous sommes venus examiner sur place, d'un coup d'œil très » rapide, les importantes questions que la Société des Ingénieurs

» civils a souvent débattues et qu'elle maintient toujours à l'ordre » du jour de ses études. Nous voulions visiter encore une fois le » port du Havre, voir l'estuaire de la Seine, connaître le canal de » Tancarville. Nous désirions parcourir votre Exposition maritime » internationale. Il nous fallait encore, après *la Normandie* que » nous avons vue en 1883, monter à bord de *la Gascogne* et nous » demandions à regarder un instant la fabrication des canons et » des projectiles.

» Enfin, en quelques heures, nous cherchions à prendre tout simplement une forte leçon de choses sur plusieurs problèmes de » premier ordre, qui intéressent la prospérité, la gloire et la sécurité de la patrie.

» Ce n'est pas au Havre, pays de l'activité, que l'on s'étonne de » voir des gens un peu pressés. Aussi cet ambitieux programme » a-t-il été trouvé tout simple, et grâce à votre obligeant accueil, » il se réalise de point en point et nous donne à la fois instruction » et plaisir.

» Conduits par nos collègues MM. Bert et de Coëne, et par leurs » amis, qui se consacrent avec tant d'énergie à la défense des intérêts de la vallée de la Seine, nous sommes montés à Rouen sur » *le Rapide*, qui, avec une vitesse qui justifie bien son nom, nous a » conduits dans votre port.

» MM. Quinette de Rochemont, Widmer et Desprez, avec » MM. Allard et Letellier, ont bien voulu nous montrer leurs importants travaux.

» MM. Latham et Bénard nous ont ouvert toutes grandes les » portes de leur intéressante exposition.

» M. Cazavan et M. le commandant Roger nous initieront aux » procédés remarquables à la fois par la puissance et la précision » de l'usinage des bouches à feu.

» MM. de Galon et Macquin nous montreront demain ces paquebots qui promènent noblement sur les mers le pavillon français et » qui le promènent si vite, que les autres cherchent à le suivre.

» Soyez remerciés, Messieurs, pour ces œuvres splendides et » pour la cordiale obligeance que vous mettez à nous les laisser » admirer.

» Qu'il me soit permis de dire que, dans ces travaux grandioses, » nos excellents collègues de Rouen et du Havre sont vos collabo-

» rateurs dévoués ; ce sont eux qui nous ont introduits chez vous » et c'est à eux que nous devons la cordiale réception que vous » nous avez faite à tous.

» Nous ne savons pas, Messieurs, si les problèmes si difficiles » qui touchent à l'embouchure de la Seine sont toujours traités au » même point de vue dans les deux ports et nous n'avons pas un » instant la prétention, dans une visite aussi rapide, de prendre » parti dans ces délicates questions, mais nous savons une chose » que vous affirmerez tous volontiers avec nous : c'est que, de part » et d'autre, l'intérêt général, le souci du bien public vous ins » pirent ; ces mêmes sentiments dicteront certainement les résolu- » tions définitives. L'union des cœurs français pour la défense de la » prospérité nationale assurera notre succès dans la lutte si ardente » des peuples.

» Je bois à nos invités, je bois à l'union pour la patrie! »

M. Quinette de Rochemont prit à son tour la parole en ces termes :

« Messieurs,

» Je viens, au nom de vos invités, vous remercier de l'honneur » que vous nous avez fait en nous conviant ce soir à être des » vôtres.

» C'est avec plaisir que nous vous montrons nos travaux. Pour » moi personnellement, j'ai saisi avec empressement cette occasion » d'étendre les bonnes relations que j'ai avec un certain nombre » d'entre vous, et notamment avec ceux de vos collègues qui ont » participé en qualité d'entrepreneurs à l'exécution des travaux » du port du Havre et du canal de Tancarville. Je puis même » constater avec satisfaction que mes relations personnelles sont » restées bonnes avec M. Bert, que je vois assis en face de moi, » bien que nous nous soyons trouvés en opposition complète sur le » programme des travaux d'amélioration du port du Havre.

» Je vous ai fait connaître sommairement ce matin les condi- » tions actuelles de ce port et vous constaterez demain par la » visite du bassin Bellot que, lorsque l'outillage exécuté sous la » direction de M. Delachanal sera achevé, les bassins du Havre » se trouveront dans de bonnes conditions pour satisfaire aux be-

» soins du commerce et de la navigation. L'ouverture du canal de » Tancarville, qui va avoir lieu sous peu de jours, améliorera encore ces conditions en permettant aux bateaux des fleuves, rivières » et canaux du centre de la France d'accéder directement au » Havre.

» Pour compléter notre établissement maritime, il ne restera » plus qu'à améliorer l'entrée. Divers projets ont été proposés » dans ce but; celui qui a été dressé en dernier lieu par une » commission spéciale nommée par le ministre des travaux publics, » paraît mieux que tout autre donner satisfaction à tous les intérêts en jeu et concilier ceux du Havre et de Rouen. Après avoir subi toutes les formalités réglementaires, ce projet ne tardera pas à être soumis à l'examen du Parlement. J'estime que les efforts de tous doivent tendre à l'adoption définitive de cette solution, qui donnerait toutes sécurités aux magnifiques paquebots de M. Chabrier : aussi je compte bien qu'en cette circonstance M. Bert cessera d'être parmi nos adversaires.

» En terminant, je bois au développement et à la prospérité de » la Société des Ingénieurs civils. »

Mais la journée n'était pas finie.

Sur le désir exprimé par quelques-uns de nos collègues, la Société qui est chargée de l'éclairage électrique du port avait bien voulu, sur les instances de M. Carimantrand, faire éclairer exprès pour nous les quais et les bassins, ainsi que le port.

A neuf heures et demie nous étions, en petit nombre il est vrai, à l'usine de force motrice et d'éclairage, et nous assistions à la mise en route des machines, à l'allumage successif, puis simultané, des bougies Jablockhoff, enfin à leur extinction.

La force motrice est produite par deux locomobiles Wehyer et Richemont de la force de 35 chevaux nominaux actionnant quatre machines dynamo-électriques.

Les bougies sont au nombre de 42 groupées en 7 circuits de 6 bougies chacun.

Une seconde visite à l'Exposition, éclairée brillamment par plusieurs milliers de lampes à incandescence, termina la journée.

Le lendemain 18, dès six heures et demie du matin, nous étions presque tous sur la jetée. En effet, à la marée devait sortir une

corvette de guerre hollandaise mixte, tandis qu'au contraire devait entrer le paquebot transatlantique *la Normandie*, qui était en rade depuis plusieurs heures.

Bientôt la corvette appareilla; quand elle eut dépassé les jetées, elle salua de 21 coups de canon le pavillon français.

Puis nos batteries de côte lui répondirent. Alors, hissant aux porte-manteaux ses embarcations, qui étaient venues la rejoindre, la corvette augmenta sa vitesse et disparut vers le nord, tandis que *la Normandie* s'avançait lentement, précédée et suivie de deux remorqueurs destinés à rendre ses évolutions plus faciles.

Il avait été dit que nous devions assister aux opérations d'accostage de ce paquebot, mais le temps ne nous permit pas de remplir cette partie de notre programme.

Avant d'aller plus loin, il est peut être utile de dire quelques mots sur l'ensemble du port du Havre (1).

Le port du Havre, fondé en 1516 par François I^er^, n'était d'abord qu'un port d'échouage et s'appelait le Havre de Grâce.

En 1628 Richelieu fit creuser le bassin du Roi, qui fut amélioré en 1667.

Successivement agrandi, le port du Havre commença à devenir important en 1787; à cette époque on y entreprit de grands travaux dont l'exécution ne fut terminée qu'en 1834.

Les lois du 9 août 1839, du 5 août 1844, du 22 juin 1854, du 14 juillet 1865, du 18 juillet 1870, vinrent successivement augmenter son importance.

Enfin la loi du 4 août 1879 déclara d'utilité publique la construction d'un neuvième bassin à flot, celui qui actuellement s'appelle le bassin Bellot, du nom de l'ingénieur en chef qui en fit le projet, et y commença la construction de deux formes de radoub.

Lorsque ces travaux seront terminés, le Havre comportera:

Un chenal compris entre deux jetées, un avant-port, neuf bassins à flot, treize écluses de navigation et six formes de radoub.

Le chenal a 452 *m* de longueur et 100 *m* de largeur minima.

L'avant-port a une surface de 21 hectares 85 ares. Sa largeur varie de 186 à 290 *m*. Entre le musoir de la jetée Sud et le fond de l'avant port, la distance est de 760 *m*.

(1) *Notice générale sur le Port du Havre* et *le Port du Havre*, par M. QUINETTE DE ROCHEMONT.

Les quais accostables présentent un développement de 1985 *m*, et la surface utilisable pour le dépôt des marchandises est de 4 hectares environ.

Les neuf bassins à flot ont ensemble une surface de 73 hectares 91 ares et présentent un développement de quais de 12 065 *m* dont 11 300 seulement sont utilisables pour le commerce. La superficie utilisable pour le dépôt des marchandises est de 42 hectares environ.

Dans ce dernier chiffre le bassin Bellot, à lui seul, entre pour plus de 17 hectares.

MM. les Ingénieurs des ponts et chaussées, qui avaient bien voulu se mettre à notre disposition pour la visite de ces travaux, nous attendaient au bâtiment de la machinerie hydraulique centrale. De ce bâtiment rayonnent toutes les canalisations d'eau, qui, grâce aux accumulateurs et aux appareils hydrauliques, cabestans, vérins, machines motrices, etc., permettent la manœuvre rapide et pour ainsi dire automatique de la plus grande partie des ponts et écluses des bassins et du port.

Les générateurs de vapeur, au nombre de quatre, sont à foyer intérieur avec tubes Galloway.

La disposition de la salle permet d'en ajouter deux autres.

Ces chaudières alimentent de vapeur deux machines d'égale force actionnant les pompes de compression ; deux accumulateurs complètent la machinerie.

Chaque chaudière à 1,50 m^2 de surface de grille et 47,20 *m* de surface de chauffe. Elle est timbrée à 5 kilog.

Chaque machine à vapeur est du système Compound à deux cylindres. Le petit cylindre a 0,55 *m* de diamètre, le grand 1,10 *m*.

La course commune est de 1,10 *m*. Les pompes de compression du type différentiel sont placées horizontalement entre l'arbre du volant et les cylindres. A cet effet, la tige de chacun des pistons est prolongée par la tige de la pompe de compression, et la bielle est en forme de fourche dont les branches sont placées de part et d'autre de la pompe.

Les accumulateurs sont munis de soupapes de sûreté et de soupapes de trop-plein évitant tout accident en cas de rupture des canalisations. De plus, un système de contrepoids mu par l'accu-

mulateur peut commander la marche de la machine, qui est ainsi réglée par les appareils placés sur les écluses.

La pression de l'eau dans les accumulateurs au repos est de 56 kilogrammes par centimètre carré et de 60,75 *kg* lorsque les machines sont en marche.

Lors des essais, les machines développant chacune 188 chevaux, la force en eau montée a été de 152 ch. 85, soit un rendement de 0,813. La consommation de charbon a été de 0,709 *kg* par cheval indiqué et par heure, ou 0,872 *kg* par cheval en eau montée et par heure, ou 1,967 *kg* par mètre cube d'eau refoulé à 60,75 *kg*.

Après avoir assisté à la manœuvre du pont à deux volées du bassin de l'Eure, nous atteignons enfin le bassin Bellot.

La loi du 4 août 1879 décida la construction de ce neuvième bassin à flot destiné à la grande navigation.

Les premiers travaux furent commencés en 1880, vers la fin de l'année. Une première moitié du bassin a été terminée et livrée au commerce en 1885. La totalité des travaux sera achevée en 1887.

Le bassin Bellot est construit dans l'anse de l'Eure sur des terrains conquis sur la mer au sud du canal de Tancarville.

Sa longueur totale est de 1 150 *m*, y compris l'écluse d'entrée. Une traverse de 100 *m* de largeur, avec pertuis de communication de 30 *m*, le divise en deux parties d'inégale longueur, mais de même largeur, soit 220 *m*.

La superficie du bassin est de 21 hectares, 21 ares.

L'écluse d'entrée de 30 *m* de largeur est dans le prolongement de l'écluse des Transatlantiques. Deux ponts tournants à une seule volée franchissent l'écluse et le pertuis central.

Le développement des quais est de 2 655 *m*, dont 2 380 utilisables pour la navigation.

Les terre-pleins ont 89 *m* de largeur au nord et 116 *m* au sud. La superficie totale dépasse 250 000 m^2.

Une prise d'eau est ménagée dans le quai sud pour faire le plein du bassin à marée montante et diminuer le courant de remplissage dans les jetées et entre les écluses.

Des appareils hydrauliques font manœuvrer les portes, les vannes et les cabestans des écluses.

La digue du large, dite digue Saint-Jean, qui sépare le bassin

Bellot de la baie de la Seine, a 1 000 *m* de développement, 6 *m* d'épaisseur aux fondations et 3,10 *m* à la hauteur de 7,50 *m*.

Sa hauteur totale, y compris un petit muretin et le couronnement, est de 9 *m*.

Le parement intérieur est vertical, et le parement extérieur se profile suivant un arc de cercle de 10 875 *m* de rayon dont la tangente supérieure est verticale.

La digue est fondée sur un lit de béton de 1 *m* d'épaisseur reposant lui-même sur l'ancienne plage.

L'écluse d'entrée a 30 *m* de largeur et sa profondeur assure un tirant d'eau de 8,30 *m* dans les plus faibles pleines mers de morte-eau.

Deux aqueducs de 2 *m* de diamètre ménagés dans les bajoyers permettent de niveler les plans d'eau du bassin Bellot et du bassin de l'Eure.

Le pont tournant métallique à une volée qui établit la communication entre les deux bajoyers du bassin a les dimensions suivantes : 53,25 *m* de longueur dont 36 *m* pour la volée, 17,25 *m* pour la culasse et 7 *m* de largeur dans œuvre.

Les portes d'écluse sont semblables à celles que nous avons décrites pour le canal de Tancarville, c'est-à-dire à aiguilles verticales supportant le bordé extérieur et reportant toute la pression sur deux entretoises horizontales : l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure, cette dernière s'appuyant sur le busc.

La crapaudine mâle qui est dans le radier est en acier forgé, ainsi que le pivot supérieur du vantail. La crapaudine femelle, le sabot supérieur servant de moyeu au pivot et les butoirs intermédiaires sont en acier coulé.

Le pont est calculé pour permettre le passage, sur la voie ferrée qui le traverse, des locomotives les plus lourdes de la Compagnie de l'Ouest (14 tonnes par essieu).

La manœuvre de ce pont s'effectue ainsi :

Les deux poutres maîtresses du pont reposent sur un chevêtre qui, lui-même, est placé sur un pivot de rotation contenu dans un cylindre crapaudine reposant par sa base sur un coin métallique.

Ce coin, actionné directement par une presse hydraulique hori-

zontale, permet de donner un mouvement vertical au cylindre et, par suite, de soulever le pont tout entier en décalant la volée.

La rotation du pont s'effectue alors au moyen de deux appareils funiculaires conjugués et à double pouvoir.

Pour faciliter la rotation on introduit de l'eau sous pression dans le cylindre crapaudine, ce qui soulage le pont sans cependant le soulever.

La dépense d'eau pour ouvrir et refermer le pont est de 1 140 litres. La manœuvre d'ouverture peut se faire en deux minutes.

Le diamètre du pivot qui supporte le poids du pont, soit 375 tonnes, est de 0,92 *m*.

La presse qui actionne le coin exerce un effort de 180 tonnes pour le pousser et de 145 tonnes pour le retirer.

Des cabestans hydrauliques de cinq tonnes de puissance chacun sont établis aux quatre angles de l'écluse.

Un jeu d'engrenages permet de leur donner des vitesses de 0,20 ou 0,50 *m* par seconde. L'arbre moteur horizontal à trois coudes est actionné par trois pistons à fourreaux attelés sur les bielles.

Les tiroirs de distribution sont équilibrés.

La construction du bassin Bellot a nécessité la dérivation du grand égout collecteur du Havre, qui débouche au milieu même de l'anse de l'Eure.

La dérivation a 920 *m* de long, passe en siphon sous le canal de Tancarville au moyen de tubes en tôle de 2,60 *m* de diamètre, et 0,007 *m* d'épaisseur noyés dans un massif en béton, et débouche sur la plage au moyen d'une buse en charpente de 200 *m* de longueur.

Le bassin Bellot, spécialement affecté à la grande navigation, deviendra rapidement le centre principal du Havre.

Dans ce but, on a prévu un outillage complet répondant à tous les besoins et permettant de donner aux quais leur maximum d'utilisation.

La Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest l'a doté d'un réseau complet de voies ferrées permettant l'enlèvement rapide des marchandises couvrant les quais.

Trois groupes de voies sont sur le quai nord des deux darses.

Deux autres groupes sont sur le quai sud. Un faisceau de cinq

voies sera situé au droit de chacune des darses et servira au triage.

De nombreuses voies de raccordement réunissent entre eux ces différents groupes et les relient, d'une part, à la gare actuelle des marchandises, et de l'autre, à la gare du triage de Graville.

Enfin une gare maritime, spécialement destinée au service du bassin Bellot, est projetée à l'est de ce bassin, sur une surface de 20 hectares.

De son côté, la Chambre de commerce du Havre installe de nombreux engins de manutention et construit de vastes hangars pour abriter les marchandises.

Le projet comporte l'installation de 28 grues hydrauliques mobiles et de 16 treuils.

Ces appareils permettront de manutentionner facilement 240 à 250 tonnes par jour, soit 1 152 000 tonnes par an.

Six grues sont déjà en service, les autres seront construites au fur et à mesure des besoins.

Les grues, à double pouvoir, sont de trois modèles. Le plus petit peut fournir 750 à 1 250 kilos ; le moyen modèle 1 500 et 3 000 kilos, les autres 3 000 et 5 000 kilos.

Il y aura, en plus, des grues flottantes pouvant soulever des poids de 10 à 50 tonnes.

Enfin les treuils ont respectivement des puissances de 750 à 1 000 kilos.

Les grues hydrauliques, exécutées par MM. Bon et Lustremant, ont le même aspect que celles du port d'Anvers. Elles en diffèrent cependant en ce que la guérite où se tient le mécanicien est placée en avant de la grue et renferme tout le mécanisme.

Cette disposition permet au conducteur de suivre toutes les évolutions du fardeau, de mieux voir les panneaux et le pont du navire, et en même temps permet d'abriter tous les organes de la machine, qui sont sous la surveillance directe du mécanicien.

En même temps les longueurs des tuyaux de circulation d'eau sont réduites au minimum.

Les hangars-abris seront au nombre de sept, établis sur les quais nord, sud et ouest de la darse Ouest.

Les quais de la darse Est resteront découverts, étant plus spé-

cialement destinés aux marchandises qui ne craignent pas l'humidité et veulent éviter le plus de frais possible.

Le système des hangars séparés a été adopté de préférence à celui des hangars continus.

En effet, les parties extrêmes des navires où il n'y a pas de panneaux de déchargement n'ont pas besoin d'être au droit d'un hangar. On réalise ainsi une économie qui permet d'abaisser le tarif de location.

Les hangars séparés rendent moins graves les conséquences d'un incendie. Les intervalles présentent des communications plus commodes entre le quai et les chaussées de service.

Enfin ces mêmes intervalles peuvent être utilisés pour le débarquement des marchandises ne craignant pas l'humidité.

Les longueurs des hangars sont : pour le quai nord, 77,50 *m*, 139,50 *m* et 93 *m;* pour le quai sud, 80, 160 et 80 *m;* pour le quai ouest, 80 *m*.

Les largeurs dans œuvre varient de 45 à 55 *m*, non compris les marquises d'abri extérieur, et sont divisées en deux travées.

Le principe fondamental a été de diminuer le plus possible le nombre des supports.

En effet, les piliers qui s'élèvent au milieu de surfaces couvertes font toujours perdre de la place et gênent la circulation.

De plus, par suite de la nature du terrain il a fallu établir les fondations sur une couche de sable située à 6 ou 7 *m* au-dessous des terre-pleins au moyen de piliers en béton à large empattement.

En augmentant l'écartement des fondations on diminuait leur nombre et la dépense, mais la charpente augmentait de prix.

Les études faites sous la direction de notre collègue M. Delachanal, ingénieur de la Chambre de commerce du Havre, amenèrent à adopter un système de fermes principales en très petit nombre, du système de Dion, avec des fermes intermédiaires en forme d'arc reposant sur les sablières.

Bien qu'il n'y ait pas d'entrait, aucune poussée au vide n'a été remarquée sur les sablières.

Ces hangars, construits par MM. Moisant, Méglin, et Laurent d'après les plans de M. Delachanal, présentent un aspect des plus légers et une grande solidité.

Leurs dimensions sont résumées dans le tableau suivant :

	HANGARS		
	NORD	SUD	OUEST
Portée des fermes	22 50*m*	27 50*m*	27 50*m*
Écartement des fermes principales	15 50	16 »	16 »
Hauteur des hangars	11 64	12 60	12 60
Nombre de fermes intermédiaires	2 »	1 » (1)	1 » (1)

(1) Fausse ferme de contreventement.

Le prix de revient moyen du mètre couvert, non compris la surface des marquises, s'est élevé à 38,50 *f*, ainsi décomposé :

Fondations	3,50 *f*
Superstructure (charpente, couverture, etc.)	25 »
Fermetures latérales (murs, portes, etc.)	7 »
Dépenses accessoires (éclairage, pavage, etc.)	3 »
	38,50 *f*

Après avoir visité rapidement l'installation pour la conservation des viandes par le froid, qui se trouve dans ces hangars et qui permet d'approvisionner nos marchés de viandes importées d'Amérique, nous arrivons aux formes de radoub actuellement en construction.

M. Hallier, notre collègue, qui est chargé de cette entreprise, a organisé ces travaux d'une façon qui semble pouvoir servir de modèle.

Disposition des machines motrices et des pompes d'épuisement, plans inclinés, installation des voies et des chantiers d'abatage, tout cela est coordonné judicieusement et fonctionne remarquablement bien.

Lorsque ces formes de radoub seront achevées, elles pourront recevoir des paquebots d'un type même plus fort que *la Bretagne*, *la Gascogne* et *la Champagne*.

Nous allions, du reste, pouvoir juger des dimensions de ces derniers.

La Gascogne, en effet, était dans une forme voisine.

M. Chabrier, administrateur de la Compagnie transatlantique

et notre collègue, avait bien voulu nous y recevoir. Mais *la Gascogne* devant partir cinq jours après, était livrée aux ouvriers de toutes professions.

Mécaniciens, charbonniers, menuisiers, peintres, mais surtout nettoyeurs, travaillaient à qui mieux mieux. Notre visite s'en est forcément ressentie.

A ce moment, nous prîmes congé de MM. les Ingénieurs des ponts et chaussées, qui nous avaient guidés dans tous ces travaux et dont l'amabilité nous avait rendu ces différentes visites si intéressantes.

Il fallait toutefois se hâter pour arriver aux ateliers installés par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

M. Canet, ingénieur en chef du service de l'artillerie, et M. Marmiesse, ingénieur en chef de la Compagnie au Havre, nous avaient assuré toute facilité d'accès.

Sous la direction habile de M. le commandant Roger, ces ateliers reçoivent les bouches à feu des fonderies de Rueil et autres, et usinent des canons et des projectiles de tous calibres et de toute nature, ainsi que des affûts, tant pour la France que pour les gouvernements étrangers.

Nous n'insisterons pas sur ce sujet. Disons seulement qu'il nous a été donné de voir et d'examiner en détail, grâce aux explications de M. le commandant Roger et de M. Coville, des pièces de 43 tonnes dont le fini ne laisse rien à désirer.

Nous avons tous éprouvé là un sentiment profond d'orgueil et de confiance.

Cette visite terminait dignement les excursions instructives et variées que nous venions de faire.

Après avoir pris congé de nos hôtes, nous regagnâmes le centre de la ville, et, après une courte visite à l'Exposition, chacun se prépara au départ.

Qu'il nous soit permis, en terminant, de remercier encore, au nom de la Société des Ingénieurs civils, tous ceux dont l'accueil si cordial et si empressé nous a permis en si peu de temps de voir tant de choses.

Que ceux de nos hôtes et collègues que nous avons pu omettre de nommer ne nous en veuillent pas, et qu'ils soient assurés que l'excursion de Rouen et du Havre nous laisse les plus agréables souvenirs.

CHRONIQUE

—

Sommaire. — Les grands steamers à roues. — Éclairage électrique des établissements industriels *(suite et fin)*. — Prix de locomotives en Allemagne. — Explosion d'une essoreuse.

Les grands steamers à roues. — Le dernier grand paquebot à roues construit en Angleterre pour la navigation transatlantique a été le *Scotia* en 1861. Nous ne parlons pas, bien entendu, de ceux qui y furent faits les années suivantes pour la Compagnie française Transatlantique, laquelle eut, comme on sait, le déboire d'adopter ce propulseur pour sa flotte au moment où toutes les autres Compagnies l'abandonnaient.

Bien qu'on n'ait jamais pu constater une supériorité de vitesse à conditions égales entre les deux propulseurs, il est certain qu'on n'eût jamais réalisé les énormes puissances nécessaires aujourd'hui pour la navigation transatlantique avec l'emploi des roues qui auraient conduit à des poids de machines absolument inadmissibles, sans parler de l'encombrement.

Une autre considération est la variation considérable d'émersion que les roues auraient, du commencement à la fin de la traversée, par le seul fait de la consommation du combustible brûlé par des appareils moteurs de grande puissance.

Une machine de 8000 chevaux, dépensant 800 grammes par cheval et par heure, brûle 154 tonnes par 24 heures, soit, pour huit jours, 1 230 tonnes. Ce poids représente un déplacement qui, rapporté à la surface horizontale de flottaison d'un paquebot de 140 mètres de longueur, donne à peu près 1 mètre de hauteur. On aurait donc une différence de flottaison de 1 mètre du commencement à la fin de la traversée. Cette différence, insignifiante pour l'hélice, commencerait à devenir défavorable pour des roues à aubes.

Si les roues ont été définitivement abandonnées, tant pour la navigation transatlantique que pour le commerce, on les a toujours conservées jusqu'ici pour les parcours de faible longueur à grande vitesse, surtout si le tirant d'eau doit être modéré.

On a récemment construit en Angleterre de beaux modèles de ces paquebots destinés au service de la Manche et du canal d'Irlande.

On sait que, depuis longtemps, le service de la malle d'Irlande entre Holyhead et Dublin était au premier rang des services analogues pour

la vitesse et la régularité. Il était fait, dès 1860, par quatre paquebots à roues nommés *Ulster*, *Munster*, *Leinster* et *Connaught*, d'après les noms des quatre provinces d'Irlande.

Ces bateaux, qui ont 101,90 *m* de longueur, 10,67 *m* de largeur et 6,40 *m* de creux, sont en fer ; ils ont été construits par Laird frères, de Birkenhead, à l'exception du *Leinster* qui a été fait par Samuda à Londres.

Les machines, bien que fournies par deux constructeurs, sont toutes du même type à deux cylindres oscillants verticaux placés côte à côte. Les machines de l'*Ulster* et du *Munster* viennent des ateliers de Ravenhill et Salkeld de Londres ; leurs cylindres ont 2,480 *m* de diamètre et les pistons 1,982 *m* de course. Les machines des deux autres bateaux ont été construites par Boulton et Watt, de Soho près Birmingham ; les dimensions des pistons sont peu différentes, 2,429 *m* de diamètre et 2,135 *m* de course. Ces machines pèsent 220 tonnes, les 8 chaudières 230 et l'eau 170; total 620 tonnes. A l'allure de 23 tours par minute, elles développent 4 100 chevaux (on a été aux essais à 4 750 avec 26 tours) et donnent au navire une vitesse de 18 nœuds. Nous ferons remarquer à ce propos que ces puissances étaient notablement supérieures à celles des paquebots transatlantiques qui, à l'époque et bien longtemps encore après, ne développaient que 3 000 à 3 500 chevaux indiqués.

Les quatre paquebots de la ligne d'Irlande ont pendant vingt-cinq ans fait le service avec une régularité absolue, sans jamais avoir été arrêté par le temps (sauf le brouillard) ; grâce notamment à un dos de tortue allant de l'avant jusqu'aux roues, ils passent à travers la mer la plus furieuse; ils n'ont jamais éprouvé d'accident et n'ont jamais perdu ni un matelot ni un passager.

Durant cette longue carrière, on a maintes fois changé les chaudières, les arbres et même les roues. Sur l'*Ulster*, notamment, on a remplacé les 8 chaudières en fer par 4 chaudières en acier fonctionnant avec tirage forcé. La vitesse s'est toujours maintenue la même, et on a constaté récemment encore dans un essai qu'après vingt-cinq ans de service on réalisait encore les 18 nœuds obtenus à l'origine.

Disons en passant que les machines construites par Boulton et Watt avaient été munies de surchauffeurs. On a dû y renoncer bientôt, parce que ces surchauffeurs s'oxydaient avec une extrême rapidité et faisaient toujours redouter un accident; de plus, les écailles d'oxyde étaient entraînées dans les machines et amenaient une usure très rapide des tiroirs et des pistons. L'emploi de ces surchauffeurs ne donnait par ailleurs aucun avantage.

En 1885, on a ajouté à ces paquebots un nouveau bateau, l'*Ireland*, construit par Laird frères à Birkenhead. Ce bateau a 118,90 *m* de longueur totale et 109,80 *m* entre perpendiculaires, avec 11,90 *m* de largeur et 5,87 *m* de creux. Son tonnage est de 2 590 tonneaux, ancienne mesure.

La coque est entièrement en acier Siemens et est divisée en 11 compartiments par des cloisons étanches.

Les machines sont du type classique à deux cylindres oscillants verticaux, placés côte à côte. Ces cylindres ont 2,580 *m* de diamètre et autant de course ; ils ont chacun deux tiges de pistons de 0,266 *m* de diamètre ; les tiroirs sont, comme d'habitude pour les machines de ce genre, au nombre de deux par cylindre avec les dispositions ordinaires de commande et une mise en train à vapeur et hydraulique.

L'arbre des roues est en acier Withworth comprimé à l'état liquide. Il est creux et a un diamètre extérieur de 0,620 *m* ; le trou intérieur a un diamètre de moitié.

L'entablement en fonte qui porte les paliers de l'arbre est soutenu par 8 colonnes en acier de 0,235 *m* de diamètre.

Les pompes à air inclinées sont mues par un énorme excentrique calé sur l'arbre entre les deux machines. La condensation se fait par injection.

Les roues ont 10 mètres de diamètre extérieur, et portent 11 aubes de 4 mètres de longueur et 1,70 *m* de hauteur.

La vapeur est fournie par 8 chaudières contenant 32 foyers et 3 168 tubes représentant une surface de grille totale de 75 mètres carrés et une surface de chauffe totale de 2 115 mètres carrés. Quatre de ces chaudières sont en avant et quatre en arrière des machines. Les chaudières peuvent fonctionner à tirage naturel ou, à volonté, à tirage forcé sous l'action de quatre ventilateurs de 2,50 *m* de diamètre actionnés par des machines indépendantes et pouvant donner dans les chambres de chauffe une pression de 60 millimètres d'eau.

Ces machines appartiennent, comme on voit, aux anciens types ; elles ne marchent qu'à la pression de 30 livres, soit un peu plus de 2 kilogrammes de pression effective. On dit qu'on n'a pas adopté des types plus modernes pour ne pas accroître le poids des machines et des chaudières qui, avec des pressions plus élevées, auraient dû avoir plus d'épaisseur. La consommation de charbon n'est, d'ailleurs, pas assez élevée pour qu'il fût très intéressant de la réduire ; elle n'est en effet que 30 tonnes par voyage.

Nous verrons plus loin que, dans des conditions très analogues, on n'a pas hésité à recourir à l'emploi de machines perfectionnées et qu'on ne paraît pas s'en être repenti.

Si l'emploi de machines économiques amène une réduction de 25 0/0 dans la dépense de vapeur, on peut supprimer 2 chaudières sur 8 ; or, les chaudières des premiers paquebots de la malle d'Irlande pèsent chacune 50 tonnes avec l'eau. Il est probable que les 100 tonnes qu'on gagnerait ainsi seraient bien suffisantes pour parer à l'augmentation d'épaisseur des chaudières et à l'accroissement du diamètre d'un des cylindres.

La machine de l'*Ireland* développe 6 000 chevaux indiqués et donne

au navire la vitesse extraordinaire de 20 nœuds. C'était le paquebot à roues le plus rapide et la machine à roues la plus puissante qui existât avant cette année, comme on le verra plus loin.

On a récemment construit des bateaux à roues très puissants et très rapides pour les services qui relient l'île de Man à l'Angleterre.

Nous citerons d'abord un grand bateau appelé le *Mona's Queen* construit pour la *Isle of Man Steam Packet Company* par la Barrow Shipbuilding Company et faisant le service entre Fletwood et Douglas.

Ce paquebot a 97,60 *m* de longueur, 11,60 *m* de largeur, 6,57 *m* de creux ; le tonnage brut est de 1 465 tonneaux et le tonnage net de 525.

Les machines, au contraire des précédentes, sont d'un type très original ; elles sont au nombre de deux placées côte à côte et formées chacune de deux cylindres, l'un à haute, l'autre à basse pression. Le premier est horizontal, l'autre vertical, et tous deux ont leur tige attelée l'une à côté de l'autre sur le même bouton de manivelle, agissant par conséquent à 90 degrés l'un par rapport à l'autre.

Les tiroirs de tous les cylindres sont à pistons avec une disposition de canal intérieur très analogue à celle du tiroir Trick ou Allen. Les grands cylindres ont chacun deux tiroirs, et les petits un seulement. La commande de ces tiroirs se fait par des arcs de Penn et des coulisses de Stephenson.

Les grands cylindres ont 2,440 *m* de diamètre et les petits 1,550 *m* ; la course est pour tous de 1,830 *m*. Les tuyaux de communication entre les deux cylindres de chaque machine, formant réservoir intermédiaire, ont 0,530 *m* de diamètre. Les bâtis sont très légers, en fonte, reliés par des colonnes et tirants en fer. Les arbres ont chacun un coude venu de forge et sont rattachés ensemble par des plateaux, à la manière des arbres des machines à hélice. Les pompes à air, au nombre de deux, sont à simple effet ; elles ont 0,987 *m* de diamètre et 0,610 *m* de course ; elles sont mues par d'énormes excentriques calés sur l'arbre des roues de chaque côté en dehors des machines. La condensation se fait par surface et la circulation de l'eau est opérée par des pompes centrifuges mues par des machines indépendantes dont les cylindres ont 0^{m},278 de diamètre et autant de course.

Il y a quatre chaudières doubles de 4,115 *m* de diamètre et 5,185 *m* de longueur, contenant chacune 6 foyers et 405 tubes.

La surface de chauffe totale se répartit comme suit :

Tubes	957	mètres carrés
Chambres de combustion	92	—
Foyers.	90	—
Total	1 139	mètres carrés

Les roues ont 7,50 *m* de diamètre extérieur, et portent douze aubes articulées en tôle d'acier de 3,65 *m* de longueur et 1,22 *m* de hauteur.

On a obtenu 19 nœuds de vitesse moyenne aux essais.

Une autre Compagnie qui dessert également l'île de Man, la *Isle of Man, Liverpool and Manchester Steamship Company*, pour ne pas rester en arrière de sa rivale, a fait construire dernièrement deux magnifiques bateaux à roues *Queen Victoria* et *Prince of Wales*. Ces bateaux ont 103,70 *m* de longueur sur 11,90 *m* de largeur et 7,30 *m* de creux et jaugent 1 500 tonneaux.

Ils sont mus par des machines Compound inclinées construites par la Fairfield Shipbuilding Company (anciens établissements John Elder) à Glasgow. Ces machines ressemblent beaucoup à celles des bateaux l'*Hirondelle* et le *Rapide* de la Compagnie des bateaux du Havre à Honfleur, Trouville et Caen, construites, il y a plusieurs années déjà, par notre collègue M. Augustin Normand.

Le grand cylindre est légèrement incliné et a au-dessus de lui le petit cylindre; chacun commande par sa bielle une manivelle de l'arbre des roues, et les deux manivelles sont réunies par une menotte qui donne à l'angle des axes des cylindres le complément nécessaire pour former l'angle droit.

Le petit cylindre a 1,543 *m* et le grand 2,840 *m* de diamètre, la course étant pour les deux de 1,983 *m*. La distribution se fait par des tiroirs ordinaires commandés par des coulisses de Stephenson avec mise en marche hydraulique.

Ces machines ont des dimensions considérables, à en juger par les chiffres ci-dessus; ajoutons que le grand cylindre pèse 42 tonnes fini, et le grand tiroir 3 tonnes.

Les pièces des bâtis sont en acier coulé, les arbres et boutons de manivelle sont creux et en acier Wickers. La condensation se fait par surface avec circulation par pompes centrifuges mues par des machines indépendantes.

Les roues à aubes articulées ont leurs bras et tiges de commande en acier.

Les chaudières doubles, au nombre de quatre, ont 4,57 *m* de diamètre et 6 mètres de longueur; elles contiennent 24 foyers ondulés du système Fox. Ces chaudières en tôle d'acier travaillent à 7 kilogr. 1/2 de pression par centimètre carré.

A 45 tours par minute, ces machines developpent une puissance indiquée de 7 000 chevaux et donnent aux navires une vitesse de 20 à 21 nœuds, laquelle se serait, dit-on, élevée aux essais du *Prince of Wales* à 23 nœuds.

On peut donc mettre, au moins pour le moment, ces bateaux au premier rang des navires à roues pour la vitesse et la puissance de leurs machines.

Les Anglais ont introduit depuis plusieurs années sur la Manche pour le passage du pas de Calais, des navires plus grands, plus rapides et

surtout plus confortables que les anciens bateaux qui avaient rendu célèbres les *horreurs* du passage du détroit.

Le premier grand bateau a été le *Castalia* construit en 1874 avec deux demi-coques séparées par un intervalle dans lequel se logeaient deux roues à aubes. Ce bateau a donné de mauvais résultats comme vitesse.

La même année a été construit par la Earle's Company, à Hull, le bateau le *Bessemer* de 96 mètres de longueur et 12 de largeur; il avait deux paires de roues à aubes placées à 30 mètres l'une de l'autre ; les machines développaient 4 000 chevaux indiqués et donnaient au navire une assez grande vitesse. On sait qu'une des particularités du *Bessemer* était la disposition originale d'un salon suspendu au centre du navire et dans lequel les passagers devaient être à peu près complètement à l'abri du mal de mer. Ce navire n'a jamais fait de service régulier et a disparu depuis longtemps. Les quelques traversées qu'il fit à titre d'essai entre Douvres et Calais furent assez malheureuses ; il aborda à deux reprises les jetées de Calais et y fit une fois des dégâts très importants.

En 1877, la maison Leslie, de Hebburn, près Newcastle, construisit un bateau nommé l'*Express* ayant deux coques complètes réunies par des poutres en fer dans le genre du *Castalia*. Ce bateau avait 91,50 *m* de longueur et 18 mètres de largeur, avec des machines développant 4 000 chevaux indiqués. Il a été mis en service en 1878, sous le nom de *Calais-Douvres*, et n'a jamais cessé de fonctionner depuis. Il a une marche médiocre, mais une grande stabilité et est fort apprécié des passagers surtout par le mauvais temps.

Le bateau le mieux réussi était jusqu'ici l'*Invicta*, mis en service sur la ligne de Douvres à Calais en 1883. C'est un navire à coque d'acier construit en 1882 par les *Thames Iron Works* à Millwall.

Il a 95 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur et 5,30 *m* de creux et jauge 1 647 tonneaux.

L'appareil moteur a été fourni par la célèbre maison Maudslay et Field, de Londres.

Il se compose de deux cylindres oscillants, inclinés vis-à-vis l'un de l'autre et dont les tiges actionnent le même bouton de manivelle, machine du genre de celles que Cavé construisait il y a déjà cinquante ans. Les cylindres ont 2,024 *m* de diamètre et 1,985 *m* de course ; ils fonctionnent avec de la vapeur à 2 1/2 kilogrammes de pression et développent environ 4 000 chevaux indiqués.

Malgré la courte durée de la traversée, une heure et quelques minutes, ces machines paraissent exiger des soins très assidus pour éviter les échauffements des portées des arbres ; outre un graissage très abondant, on a presque continuellement recours à l'arrosage.

L'*Invicta* est un bateau très confortable et réalise une vitesse

assez considérable, bien que n'approchant pas de celles qui ont été signalées plus haut.

On a depuis mis en service sur la même ligne deux nouveaux bateaux, le *Victoria*, l'année dernière, et l'*Express*, tout récemment. Nous aurons occasion de reparler de ces paquebots qui réalisent un nouveau progrès sur les précédents.

Éclairage électrique des établissements industriels *(suite et fin)*. — Dans la chronique du mois de juin, nous avons commencé l'analyse d'un travail de M. A. Bayon sur le prix de revient de l'éclairage électrique dans quelques établissements industriels.

Après avoir présenté des chiffres se rapportant à l'éclairage d'une filature, nous avons donné une partie des renseignements relatifs à l'installation des usines de M. Luc, à Nancy. On trouvera ci-dessous la fin de la description de cet éclairage, ainsi que quelques autres renseignements puisés parmi les nombreuses données qui se trouvent consignées dans l'intéressant mémoire de M. A. Bayon.

Le courant est fourni, dans les établissements de M. Luc, par deux dynamos, système Edison, chacune du type de 100 lampes de 16 bougies, et pouvant donner 75 ampères, 100 volts. Les dynamos sont placées à la corroirie et les lampes distribuées dans la corroirie et les chantiers avoisinants; de là partent deux lignes aériennes, dont l'une va à 250 mètres rejoindre l'usine d'extrait, et la seconde à 150 mètres plus loin desservir les bureaux et l'habitation.

Les mêmes machines alimentent les arcs et l'incandescence; de plus, chaque lampe à arc est rendue tout à fait indépendante et peut s'allumer ou s'éteindre isolément sans entraver le fonctionnement des autres lampes à arc ou des lampes à incandescence; mais il convient de faire remarquer que, dans ce cas, la lampe à arc absorbe 110 volts, alors qu'il ne lui en faut que 45. Cette disposition serait donc complètement à rejeter pour une grande installation, car on consommerait une force de 110 chevaux où il n'en faudrait que 45.

Les divers services de l'usine sont groupés par circuits distincts, et le mécanicien n'est assujetti qu'à une manœuvre d'interrupteur pour éteindre ou rallumer les ateliers correspondants.

Les lampes à arc sont du système Pieper, adopté par la Société Edison. Dans les diverses installations où nous avons vu fonctionner ces lampes, les résultats ont été assez satisfaisants. On s'accorde cependant généralement à leur reprocher un mécanisme un peu délicat, en même temps qu'elles opposent au courant une résistance considérable et absorbent, par conséquent, beaucoup de force motrice.

Voici comment on peut apprécier la dépense des charbons :

La durée d'une paire de charbons est de 8 heures.

Les charbons ont :

Le petit, au pôle négatif, 14 *mm* de diamètre,
140 *mm* de longueur.

Le gros, au pôle positif, 15 *mm* de diamètre, 210 *mm* de longueur.

Le mètre du gros coûte. . . . . 3,40 *f*

Le mètre du petit. . . . . 2,75 *f*

On consomme, par conséquent, par heure et par lampe environ 0,16 *f* de crayons.

Pour 3 lampes, 0,48 *f*.

Et pour huit heures d'éclairage par jour et un travail de 300 jours par an, la dépense est de :

0 fr. 48 × 8 × 300 = ... Fr. 1.152

On compte qu'à l'usine d'extraits, qui a un éclairage de 10 heures par jour, on remplace les lampes 3 fois par an.

Soit pour 58 lampes à 5 francs par lampe :

3 × 5 × 58 = ... Fr. 870

Pour l'autre usine et pour le reste des lampes, aux bureaux et dans l'habitation particulière, les lampes ne sont remplacées qu'une fois par an.

Soit pour 226 lampes : 226 × 5 = ... Fr. 1.130

Les dynamos sont actionnées par un moteur spécial de la force de 25 chevaux. Pour l'alimentation des générateurs, M. Luc se trouve dans des conditions spéciales et le combustible peut être considéré comme ne lui coûtant rien : on emploie, en effet, exclusivement les déchets de bois provenant de l'usine d'extraits. La dépense se borne donc au transport de ces déchets au générateur.

Or, la machine marchant environ 10 heures par jour, on évalue à 3 500 kilogrammes le poids des déchets consommés ; ces 3 500 kilogrammes exigent une main-d'œuvre de 1,20 *f* par jour. Pour 300 jours, c'est. 360

Graissage, chiffons, huile, etc., à 1 50 *f* par jour. 450

Mécanicien chargé de la conduite des machines, de l'entretien des lampes et des dynamos. 1.200

Pour l'entretien des dynamos :

Une paire de balais par an pour chacune. . . . . Fr. 30

A cette dépense, il faut ajouter l'intérêt à 5 0/0 et l'amortissement à 10 0/0 du capital engagé sur un prix d'installation total de 30 000 francs, y compris le moteur, soit. . . . 4.500

Dépenses totales. 9.692

Primitivement, M. Luc employait :

A la corroirie. . . . 200 becs de gaz
A l'usine d'extraits . . 100 — } de 180 litres à l'heure.

Total. . . . . 300 becs donnant lieu à une dépense annuelle qui n'était pas inférieure à 20 000 francs.

Tout l'avantage se trouve donc du côté de la lumière électrique.

Un dernier exemple que nous emprunterons au mémoire de M. A. Bayon et qui mérite l'attention à cause des conditions particulières qu'on y rencontre, est celui de la tonnellerie de M. Frühinsholtz, à Nancy.

Lorsqu'un industriel établit la lumière électrique dans ses ateliers, ce n'est pas toujours exclusivement la question d'argent qui le guide; si c'est un facteur important à considérer, il n'est point le seul.

Il faut souvent obéir aux exigences de certains travaux, dont la nature demande un éclairage puissant et une grande répartition de la lumière; c'est le cas pour M. Frühinsholtz, à Nancy.

Éclairé seulement au gaz, il y a un an, avec un nombre de 100 becs, le travail était devenu difficile, sinon impossible. Il fallait des centres lumineux puissants et une grande surface très bien éclairée; il a fallu recourir à la lumière électrique.

L'installation de M. Frühinsholtz est une des plus remarquables par la grande puissance de ses foyers.

Elle comprend une lampe de 6 000 bougies montée sur un pylone en fer de 27 mètres d'élévation. Cette lampe absorbe à elle seule une force de 4,37 chevaux.

Elle n'est pas éclairée en service courant; aussi ne nous en occuperons-nous pas au point de vue des dépenses d'exploitation.

L'installation comprend en outre :

6 lampes à arc de 2 000 bougies,

Et 16 lampes à incandescence de 16 bougies.

La dynamo qui fournit le courant pour les arcs et l'incandescence est étalonnée pour 180 lampes de 16 bougies. Elle est actionnée par le moteur de l'usine.

Voici comment peuvent s'établir les dépenses d'exploitation :

La durée de l'éclairage est de 700 heures par an.

Durant cette période, il a été consommé 210 paires de crayons à 0,62 *f* la paire, soit	142 80
On peut admettre que les lampes ne fournissent qu'une campagne, ce qui est une exagération évidente. C'est donc $16 \times 5 =$	80 »
Mécanicien, graissage, chiffons, huile	120 »
Les diagrammes relevés par les inspecteurs de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur accusent un travail de 12,36 chevaux (on ne compte pas dans cette évaluation le travail absorbé par la lampe de 6 000 bougies). A 2 kilogr. de combustible par cheval et par heure, pour un éclairage de 700 heures, on arrive à une dépense annuelle de $2 \times 700 \times 12{,}36 \times 16$ fr. par 1,000 kilogr. =	276 »
Au total, on ajoutera l'intérêt à 5 0/0 et l'amortisse-	
A reporter	618 80

Report . . .	618 80
ment à 10 0/0 de capital d'établissement évalué à 7,625 fr. soit	1.141 »
Dépenses totales	1.759 80

Les ateliers de M. Frühinsholtz étaient primitivement éclairés par 100 becs de gaz.

La dépense pour une période d'une année a été très exactement de 1 383,55 *f*. On voit que le total est plus élevé pour la lumière électrique, mais aussi les résultats ne peuvent se comparer. L'éclairage avec l'électricité est vingt fois plus puissant qu'avec le gaz.

Pour être exact, il faudrait encore ajouter au total de la dépense pour la lumière électrique, une somme annuelle de 160,40 *f* de gaz pour l'éclairage des bureaux; somme qui se trouvait comprise dans le coût de 1 383,55 *f* de l'éclairage primitif au gaz.

Malgré ce surcroît de dépenses dans l'exploitation, les résultats obtenus et la bonne marche de l'éclairage n'ont pas fait regretter cette installation.

On a vu que le foyer de 6 000 bougies absorbait à lui seul un travail de 4,37 chevaux. Il consomme par heure pour 0,13 *f* de charbon pour la force motrice et 0,11 *f* par heure de crayons. Le prix de l'heure est seulement de 0,24 *f* pour une intensité lumineuse de 6 000 bougies.

Nous ferons remarquer que l'emploi d'une seconde lampe ne nécessiterait aucune dépense de force supplémentaire, parce que la seconde lampe est remplacée par une résistance, la machine marchant à 100 volts.

Nous pourrions citer encore la fabrique de draps de Pierrepont qui, comportant un total de 1 060 lampes à incandescence, est une des plus puissantes installations qui existe dans la région; nous renverrons au mémoire de M. A. Bayon ceux de nos collègues que la question intéresserait plus particulièrement.

Prix des locomotives en Allemagne. — Notre collègue, M. Gertsner, a envoyé à la Société la note ci-dessous que nous croyons utile de reproduire :

L'état déplorable dans lequel s'est trouvée l'industrie mécanique en Allemagne, en 1886, a été de nouveau démontré par une adjudication faite à Bromberg à la fin de l'année 1886. Il s'agissait de la fourniture de 5 locomotives à deux essieux couplés avec tenders indépendants. Les prix demandés, y compris le tender (pour un poids de machine de 30 tonnes), ont été les suivants :

Société Hohenzollern à Dusseldorf	Fr.	31 975
Schwartzkopf à Berlin		31 469
Fonderie Union à Kœnisberg		27 875

Société « Vulcan » à Stettlin.	27 500
Henschel et fils à Cassel.	28 437
Société hanovrienne à Linden, près Hanovre. . . .	26 969
Schichau à Elbing.	25 625

Le prix le plus bas correspond à environ 0,855 *f* le kilogramme.

En Autriche, la dernière grande soumission a eu lieu au Chemin de fer du Nord-Empereur-Ferdinand ; la maison Krauss et Compagnie à Munich-Linz été déclarée adjudicataire au prix de 22 500 florins, soit 45 000 francs par locomotive, les tenders étant fournis par la maison Ringhoffer à Prague, pour 5 000 florins, soit 10 000 francs.

Les prix allemands ne représentent donc qu'un peu plus de moitié de ces derniers prix.

La fabrique de machines de la Société Autrichienne-Hongroise, à Vienne, a obtenu dernièrement la fourniture de locomotives pour les chemins de fer italiens du réseau méditerranéen au prix de 0,975 *f* le kilogramme. Ce prix, quoique très bas, est encore de 15 0/0 plus élevé que celui de 0,855 *f* fait par la maison Schichau.

Voici encore quelques prix remarquables d'outillage et de matériel de chemins de fer, obtenus dans les dernières soumissions :

1 364 paires de roues, Krupp à Essen et usine de Bochum.	Fr.	339 38
10 fourgons à deux essieux pour trains de voyageurs, Gastele frères à Mayence.		7.475 »
200 wagons à houille à frein, Van der Zypen et Charlier à Deutz-Cologne		1.675 »
1 340 wagons à houille sans freins, Gust. Talbot et Compagnie à Aix-la Chapelle.		1.212 »
10 wagons à bestiaux à frein, de Dietrich et Compagnie à Reischsoffen..		3.437,50
Enfin 6 locomotives à trois essieux couplés pour chemins de fer secondaires, Henschel et fils à Cassel.		20.375 »

Explosion d'une essoreuse. — Nous trouvons dans le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand,* une note de M. de Somer sur une explosion d'essoreuse qu'il nous a paru d'autant plus intéressant de reproduire que, comme tout le monde le sait, l'un de nos collègues les plus distingués, de Mastaing, a péri en 1874 par un accident de ce genre.

L'accident qui fait le sujet de cette note s'est produit le 29 mars dernier dans une fabrique de laine dite « artificielle », à Malines.

Il s'agit d'une essoreuse destinée à chasser l'eau de la laine sortant d'un lavoir.

Cet appareil est composé d'une cuve en fonte fixée à ses pieds par des doguets à une pierre de taille. Cette cuve a 1,200 *m* de diamètre et 0,300 *m* de hauteur. Le fond est ouvert et couvert par un plateau en

fonte de 1 mètre de diamètre, monté sur un axe vertical avec pivot sous le plateau.

Cet axe traverse l'extrémité d'une boîte dirigée suivant un rayon et venue de fonte avec le couvercle de la cuve. Ce couvercle présente une large ouverture et est fixé sur le bord extérieur de la cuve par des vis de pression.

Sur le pourtour du plateau est adapté, par un cercle en fer forgé posé à chaud, un cylindre en cuivre formant tamis.

La boîte en fonte est surmontée d'un double support pour l'axe moteur horizontal. Cet axe porte vers son milieu une poulie mue par une courroie venant d'un axe de transmission de la machine. L'une des extrémités de l'arbre moteur correspond avec l'axe vertical de la turbine et est munie en cet endroit d'une poulie tronconique transmettant son mouvement par friction à un pignon monté sur l'axe vertical.

Sous ce pignon est un plateau circulaire entouré d'une bande en acier pour servir de frein.

Ce frein est actionné par une tige horizontale filetée montée sur le support de l'axe moteur; cette tige est terminée par une manivelle.

En tournant plus ou moins celle-ci, on desserre ou on serre le frein, et on éloigne ou on avance l'axe moteur et par conséquent le plateau tronconique; c'est-à-dire qu'on arrête la turbine ou qu'on la met en mouvement.

En partant de la machine et en relevant tous les diamètres des poulies et cônes de friction transmettant le mouvement à l'axe de la turbine, et connaissant la vitesse de la machine, M. de Somer a calculé que l'essoreuse pouvait faire 800 tours par minute.

Le 29 mars, l'ouvrier qui conduisait la turbine a, suivant sa déclaration, serré trop vivement le frein pour arrêter l'appareil.

Au même moment, celui-ci a volé en pièces qui se sont projetées dans toutes les directions à l'intérieur de l'atelier.

L'axe moteur, avec son support et une partie du couvercle de la turbine, a été attiré à deux mètres de distance vers l'axe de transmission, et le plateau, avec son axe, a été projeté à une égale distance dans une direction perpendiculaire.

Le conducteur de la turbine a été atteint par les débris; un morceau de fer lui a traversé la cuisse de part en part. Le malheureux est mort la nuit suivante, à la suite d'une forte hémorragie; il était âgé d'environ soixante ans.

Au moment de l'accident se trouvaient dans l'atelier deux autres ouvriers dont l'un seulement a reçu une blessure peu grave et une ouvrière qui a été légèrement blessée à la cheville.

De l'examen des débris, il a paru résulter que le bandage qui fixait la tôle de cuivre sur le plateau s'est rompu; que celle-ci par la force centrifuge a été pressée contre la paroi de la cuve en fonte en s'y

comprimant et que cette cuve a volé en éclats par un excès de pression ; qu'en même temps le couvercle de la cuve, n'étant plus solidaire avec celle-ci, s'est brisé et que l'axe moteur avec son support, devenu libre, a été enlevé par la traction de la courroie motrice.

Cet accident prouve une fois de plus, d'une part, qu'il convient de proscrire le plus possible la fonte dans la confection des appareils à grande vitesse et, d'autre part, qu'on ne peut trop soigner les assemblages de ces mêmes appareils.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1887.

Rapport de M. Hirsch sur les **clapets de retenue de vapeur.**

Le rapport rappelle dans quelles circonstances l'administration s'est décidée à imposer à l'industrie l'installation de clapets de retenue de vapeur, dans le cas de chaudières de grand volume branchées sur une conduite générale de vapeur.

On a, à cette occasion, proposé une quantité considérable de dispositions et de formes pour ces clapets.

M. Hirsch formule comme suit le programme des conditions auxquelles doivent satisfaire ces appareils, quel que soit d'ailleurs le type auquel ils appartiennent :

1° Le clapet doit se fermer sûrement et promptement s'il se produit une dépression notable dans la partie de la conduite qu'il doit protéger;

2° Il ne doit pas se fermer sous l'action des dépressions modérées qui se produisent en service normal;

3° Il ne doit pas occasionner d'étranglements donnant lieu à des pertes de charge sensibles en service ordinaire ;

4° Une fois installé, il doit être soustrait à l'action des chauffeurs qui pourraient être tentés de paralyser son fonctionnement;

5° Il doit se rouvrir de lui-même dès que la cause produisant la dépression qui le tient fermé a disparu ;

6° La construction doit être simple, robuste et ne comporter aucune pièce susceptible de coincer, de gripper ou de se dérégler ; le fonctionnement ne doit pas être entravé par les dépôts, le tartre, l'oxydation ou les graisses ; l'installation doit être telle qu'elle permette de vérifier à volonté le jeu régulier de l'appareil ; la fermeture n'a pas besoin d'être étanche ;

7° Enfin, l'appareil doit répondre aux exigences générales d'une

bonne construction mécanique, comme prix d'achat, encombrement, durée, entretien, etc.

Il semble que les clapets qui se ferment par l'effet d'une dépression produite à l'amont du côté de la chaudière, et que l'auteur range dans le 2me type par opposition à ceux qui se ferment par l'effet d'une dépression produite en aval, du côté de la conduite générale, désignés par lui comme étant du 1er type, répondent mieux à la plupart des conditions énoncées ci-dessus; si l'on fait abstraction des questions de principe sur lesquelles ils présentent une infériorité marquée, ils sont d'une construction plus courante, d'un fonctionnement plus certain.

Les clapets à deux sièges constituent un 3me type qui peut être à recommander dans certains cas, par exemple si les chaudières groupées sont en très grand nombre ; il peut alors arriver, si le collecteur de vapeur est de très gros diamètre par rapport aux branchements, que la rupture d'une chaudière ne détermine dans ce collecteur que des dépressions insuffisantes pour provoquer la fermeture des clapets.

En pareil cas, des clapets à deux sièges, installés sur chaque branchement à son point d'insertion sur la conduite générale, garantiront d'une manière efficace la sécurité.

M. Hirsch conclut que, parmi les appareils proposés, il y en a bien peu qui répondent complètement à toutes les conditions indiquées ; le plus souvent aussi, des expériences exactes et décisives font encore défaut.

Rapport de M. Hirsch sur deux **clapets de retenue pour vapeur**, inventés par MM. Francq et Mesnard.

Rapport de M. Hirsch sur le **clapet de retenue pour vapeur** de M. Labeyrie.

Rapport de M. E. P. Berard sur les **procédés cryptographiques** de M. Schlumberger.

Ces procédés ont pour but de signaler la falsification des valeurs fiduciaires sur papier et de constater l'identité de ces mêmes valeurs en utilisant certaines réactions chimiques.

L'emploi, pour les titres, de filigranes, guillochés, etc., et d'encres grasses au charbon, ainsi que de matières minérales très stables pour les couleurs, est insuffisant pour arrêter les fraudeurs. M. Schlumberger s'est occupé de leur opposer des difficultés nouvelles. Il propose d'employer des encres susceptibles de donner des réactions colorées par l'emploi de certains réactifs. En voici un exemple. Si on imprime sur des titres une des vignettes avec une encre contenant de la phtaléïne de phénol, il suffit pour vérifier l'identité du titre, de toucher la fleur avec une baguette mouillée d'ammoniaque pour faire apparaître une coloration rouge. Dès que ce signalement est obtenu, en laissant évaporer l'ammoniaque, on rend à la vignette son premier aspect.

L'opération peut être recommencée indéfiniment. On peut citer encore des timbres-poste, du type bleu à quinze centimes. Le faussaire qui chercherait à enlever les maculatures que les agents des postes apposent pour oblitérer le timbre, ferait apparaître une coloration noire dans laquelle toute l'impression officielle serait noyée.

Suit l'indication de tous les moyens cryptographiques employés par M. Schlumberger.

Discours prononcé aux obsèques de M. Ad. Dailly :

1° Par M. G. Lecouteux, au nom de la Société nationale d'Agriculture ;

2° Par M. Buquet, au nom de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale;

3° Par M. Besnard, au nom du Comice agricole de Seine-et-Oise.

Extrait d'une lettre sur **l'Agriculture de l'Algérie,** par M. A. Bernard.

Extrait du **Rapport de la Commission du budget** relativement au budget général de l'exercice 1887 sur le **Ministère du Commerce et de l'Industrie.**

Il s'agit de la propriété industrielle et de la part contributive de la France dans l'entretien du bureau international de Berne.

Sur **les vins et eaux-de-vie de framboises et de fraises,** par M. Alp. Rommier (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Sur **le sucrage des moûts** et la fabrication des vins de sucre, par MM. Klein et Frechou (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Acier chromé, par le Dr Percy (Extrait de l'*Iron*).

Expériences de plaques de blindage à l'arsenal de la Spezzia (Extrait de l'*Iron*).

Nouveau chalumeau à benzine sans lampe, de M. Jacob (Extrait du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

Poivres du commerce (Extrait du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

Fabrication de la magnésie (Extrait du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

Le canon en fils d'acier (Extrait de l'*Iron*).

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

DISTRICT DE BOURGOGNE

Séance du 1er mai 1887, à Autun.

Communication de M. SÉJOURNET sur **les phosphates métallurgiques du Creusot.**

Il s'agit de l'emploi, comme engrais, des scories de déphosphoration. Des expériences faites en Angleterre et en Allemagne permettent d'espérer des résultats favorables de l'utilisation agricole de ces résidus.

L'acide phosphorique est, dans les scories basiques, associé avec de la chaux, de la magnésie, de la silice, des oxydes de fer et de manganèse. Il y a de 12 à 16 0/0 d'acide phosphorique, 45 0/0 de chaux et 5 à 6 de magnésie.

On avait d'abord songé à n'utiliser ces scories en agriculture qu'après leur avoir fait subir un traitement chimique, de manière à mettre l'acide phosphorique sous forme de combinaison soluble. Mais on a, depuis, été conduit à admettre que l'acide phosphorique pouvait être assimilé par les plantes aussi bien pour les scories basiques que pour les phosphates fossiles, et l'expérience a confirmé cette hypothèse.

Communication de M. MATHET sur **le ventilateur portatif Ser.**

Ce ventilateur, de 0,500 *m* de diamètre, porte sa machine motrice, qui peut développer 3 à 4 chevaux avec de l'air comprimé à la pression de 3 kilogrammes. La commande se fait par courroies dans le rapport de 1 à 2,75.

On a opéré avec des longueurs de conduite de 0,30 *m*, variant de 40 mètres à 90 mètres, avec ou sans coudes pour observer l'influence de la longueur et celle des changements de direction. La présence du coude à angle droit a donné, toutes choses égales d'ailleurs, une perte de 20 0/0 sur le débit.

En somme, l'appareil a rempli complètement les conditions imposées, qui étaient de fournir 2 000 litres par seconde pour une vitesse de 800 à 900 tours par minute.

Communication de M. CHUBILLEAU sur **l'installation d'une pompe d'épuisement dans une descenderie.**

Cette installation a été faite à la mine de schiste bitumineux de Ruet de Tavernay, près Autun. La pompe devait tenir la venue d'eau, fonctionner d'une manière intermittente et s'amorcer d'elle-même à chaque mise en marche. Ajoutons que l'eau est plus ou moins chargée de vase.

Il s'agissait de refouler à 50 mètres de hauteur, dans une conduite de 150 mètres de longueur et 50 millimètres seulement de diamètre, avec de nombreux coudes.

On a employé une pompe française de la maison Pinette, dont les données sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à vapeur	0,150 *m*
Diamètre du corps de pompe	0,070
Course commune.	0,250
Nombre de coups doubles par minute . . .	50
Débit par heure	5 000 litres.

L'appareil fonctionne depuis six mois avec de très bons résultats.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 4 Juin 1887.

Communication de M. Buisson sur **l'emploi d'un cintre mobile et d'un béton de ciment** pour le muraillement des puits.

Cet essai a été fait au puits du Bardot, en fonçage à la Compagnie des Houillères de Saint-Étienne. Ce puits, qui doit être muraillé sur toute sa hauteur, a 3,50 *m* de diamètre utile.

On fait le moellonage en superposant, à partir d'une coulisse en bois placée à la base, les moellons, briques ou pierres, et en pilonnant du béton entre le muraillement et la paroi du terrain. Cette opération est longue, parce qu'il faut constamment vérifier le diamètre et la verticalité.

M. Badiou, entrepreneur du fonçage, a eu l'idée d'employer un cintre en tôle du diamètre exact à donner au puits fini et de 0,65 *m* de hauteur formé de trois segments assemblés à charnières. Ce cintre est suspendu à trois chaînes. On monte la maçonnerie contre ce cintre, en faisant appuyer directement les briques sur son pourtour. Une fois l'anneau achevé, on desserre légèrement le cintre et on le remonte de 0,50 *m*. L'emploi de ce cintre active notablement le travail, car on a pu exécuter un tronçon de 25,13 *m* en 20 postes de 8 heures, ce qui donne 3,75 *m* par 24 heures.

Il fallait employer un béton dont la prise ne commençât pas avant une heure, délai nécessaire pour l'emploi, et fût terminée au bout de deux heures. On s'est servi de ciment de la maison Meurgey et Porteret, de Grenoble, mélangé partie avec des cailloux roulés de la Loire,

partie avec des cailloux de grès houiller ordinaire cassés à la grosseur de 4 centimètres.

Communication de M. Rameau sur un **arrêt de bennes pour plan incliné.**

Cet arrêt, établi aux mines de la Béraudière, se compose d'un levier coudé, à deux branches très inégales, posé à plat sur le sol et tournant autour d'un axe vertical situé vers le milieu de la grande branche.

Il se place parallèlement à la voie, à une distance telle que l'une au moins de ses extrémités y porte toujours et ayant sa petite branche du côté du plan incliné.

La benne vide, une fois arrivée en haut, continue sa marche, et sa roue d'avant touche la grande branche après que la roue d'arrière a dépassé la branche coudée, ce qui déplace l'appareil. A la manœuvre suivante, l'ouvrier, poussant la benne pleine sur la même voie, sera arrêté par la branche coudée, et, pour lancer sa benne dans le plan, aura à pousser avec le pied cette branche pour la ramener à sa position primitive.

Cet appareil, simple et peu coûteux, a été établi de manière à satisfaire aux conditions ci-après :

1° Être fermé par la benne montante, car il n'y a aucune utilité à faire exécuter ce travail par l'ouvrier ;

2° Ainsi fermé, arrêter la benne descendante et devoir, pour la laisser passer, être ouvert par l'ouvrier, qui sera averti par le seul fait de cette manœuvre ;

3° Ne pouvoir être calé par l'ouvrier ;

4° Être facile à manœuvrer, ce qui sera réalisé si l'ouvrier peut l'ouvrir tout en restant à l'arrière de sa benne et si l'appareil est léger (ou au moins bien équilibré), solide et simple ;

5° Pouvoir être fixé dans une position telle qu'on soit dispensé de le tenir pendant la manœuvre, mais, quelle que soit la position où il a été amené, s'opposer toujours au passage d'une benne arrivant au plan ;

6° Enfin, permettre, au moins à un moment donné, aux chevaux de circuler dans le plan.

Communication de M. Mortier sur un **arrêt de bennes pour voies, rampes et plans inclinés.**

Cet appareil, qui vient d'être mis en usage aux mines de Roche-la-Molière, ne comprend qu'un organe mobile, qui est un arbre à taquets couché dans l'axe de la voie et maintenu par des traverses.

Dans les deux positions extrêmes de l'arbre, l'un des taquets laisse passer les essieux des bennes et l'autre les arrête.

Dans la position moyenne, les deux taquets s'opposent au passage.

L'arrêt s'ouvre automatiquement dans le sens des bennes vides (ou

pleines de remblai). A cet effet, le bord extérieur de chaque taquet est profilé suivant une rampe, et le renversement s'effectue de lui-même quand la benne passe. Ce taquet ne peut être mis en défaut ni par négligence, ni par malveillance. Un calage fait à dessein le transformerait en arrêt fixe.

Communication de M. Mortier sur l'**Allumage des coups de mines dans les mines à grisou**.

L'auteur propose un mode d'allumage qui supprime l'usage du briquet et les jets de feu qui se produisent au bout de la mèche pendant les premiers instants de la combustion. Le principe de ce mode d'allumage est l'inflammation de la poudre en présence du sodium et de l'eau. L'amorce se compose d'un globule de sodium rendu inaltérable par une mince enveloppe de caoutchouc et fixé au fond d'une capsule trouée dont on coiffe l'extrémité de la mèche en perçant le globule avec une pointe de compas ; on plonge le tout dans un étui plein d'eau. Le prix de ces amorces est de 2 centimes au plus.

Communication de M. Simon sur le **Captage et l'utilisation du grisou proposée par M. Hilt**.

M. Hilt, directeur des charbonnages de la Wurm, s'est proposé de recueillir le grisou et de l'employer au chauffage des générateurs et à d'autres usages, et il a déjà réalisé en partie cette application.

Pour cela une canalisation aboutissant au front des chantiers est mise en communication avec une machine aspirante. On a ainsi obtenu un mélange contenant 92 à 94 0/0 d'air et 8 à 6 0/0 de grisou. Ce mélange est explosible ; il faut donc, avant de le brûler, prendre des précautions pour que l'explosion ne puisse se propager dans la conduite. On a dans ce but interposé une série de toiles métalliques. Le gaz est envoyé dans le foyer de deux générateurs ; on vaporise 15 kilogr. d'eau par kilogramme de grisou. Actuellement on obtient en 24 heures 864 mètres cubes ou 550 kilogr. de grisou qui vaporisent 8 000 litres d'eau. En réunissant le grisou de toute la mine, on obtiendrait la vaporisation de 160 000 litres d'eau par 24 heures.

Ce mélange gazeux serait excellent pour l'alimentation des moteurs à gaz. On pourrait aussi l'utiliser pour l'éclairage en employant des brûleurs spéciaux comme pour le gaz à l'eau.

M. Simon, tout en considérant les essais de M. Hilt comme présentant un grand intérêt, craint que lorsqu'on voudra opérer en grand, il n'y ait des causes de danger par suite de la diffusion du grisou dans l'air.

Il faut donc trouver un mode de captage indépendant de la ventilation et qui supprime tout danger dans la mine. Or, cette question ne paraît pas résolue par les essais dont il vient d'être question.

Communication de M. SIMON sur la **Statistique des câbles des mines employés en Allemagne.**

L'administration des Mines fait dresser en Allemagne des statistiques des câbles de mines employés dans les principaux bassins, savoir le district de Dortmund, celui de Sarrebruck et celui de Breslau. M. Wenderoth a rassemblé ces documents sous forme de tableaux comparatifs dans la *Zeitschrift für Berg, Hutten und Salinen Wesen.*

Ces statistiques et la surveillance qu'elles ont amenée ont eu pour résultat de diminuer considérablement le nombre des accidents.

Nous avons reproduit la partie des ces statistiques qui est relative au district de Dortmund dans la Chronique d'août 1886, page 239

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 27. — *2 Juillet 1887.*

Fête du cinquantenaire de la fondation de l'atelier de construction de machines de R. Wolff, à Buckau-Magdebourg.

Machines élévatoires des eaux de la ville de Hagen, par B. Stein.

Relations entre le travail indiqué, la dépense de vapeur, le nombre de tours par minute et les dimensions des cylindres dans les machines à vapeur, par M. Wille.

Chauffage et ventilation. — Pureté et purification de l'air. — Régulateur de combustion.

Groupe de Berlin. — Chambres pour le règlement des litiges techniques et industriels. — Juridiction technique et industrielle de l'Empire. — Police des constructions à Berlin.

Patentes.

N° 28. — *9 Juillet 1887.*

Expériences sur la résistance du magnésium, par A. Martens.

Machines à vapeur. — Distribution Joy.

Chauffage et ventilation. — Pose des tuyaux de conduite. — Conductibilité calorifique des corps. — Installations de chauffage et de ventilation.

Groupe de Hanovre. — Jaugeage de la Leine à Hanovre.

Groupe de Palatinat et de Sarrebruck. — Juridiction technique et industrielle de l'Empire. — Chambres pour le règlement des litiges techniques et industriels.

Groupe de Thuringe. — Emploi du microphone pour la recherche des fuites dans les distributions d'eau.

Patentes.

Correspondance. — Machines à vapeur à triple expansion.

N° 29. — *16 Juillet 1887.*

Les unités électriques et leurs mesures, par le Dr R. Rühlmann.

Métallurgie. — Grues à pression d'eau pour forges et aciéries.

Construction navale. — Résistance des navires dans des cours d'eau de faible profondeur. — Cuirassé à tourelles espagnol *Pelayo.*

Groupe de Saxe. — Réunion à Zwickau. — Petit moteur Henrici. — Système Wodiczka pour les paratonnerres.

Vingt-septième assemblée générale de l'Association des directeurs d'usines de gaz et eaux, à Hambourg, — Emploi du goudron pour le chauffage des cornues à gaz. — Éclairage électrique de Hambourg. — Distribution de l'eau dans les habitations.

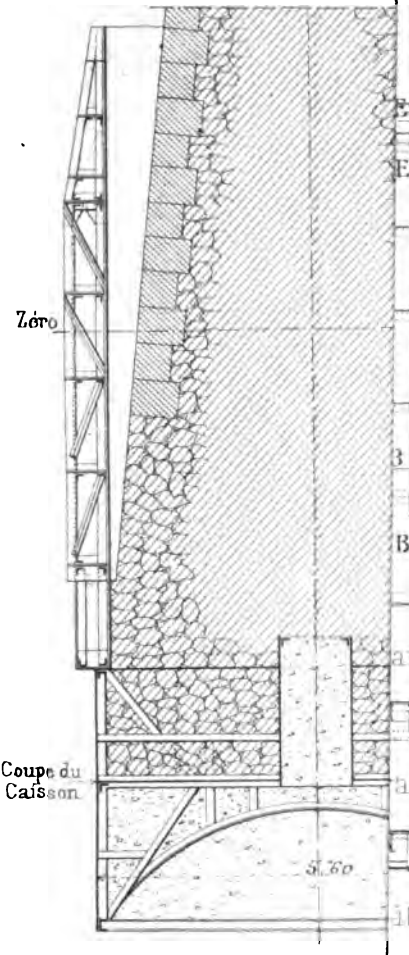
Réunion générale des maîtres de forges allemands à Trèves, le 26 juin. — Situation de l'extraction des minerais de fer et de l'industrie du fer dans le Luxembourg. — Laminoir universel pour fers profilés.

Patentes.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — RUE BERGÈRE, 20. — 17102-7.

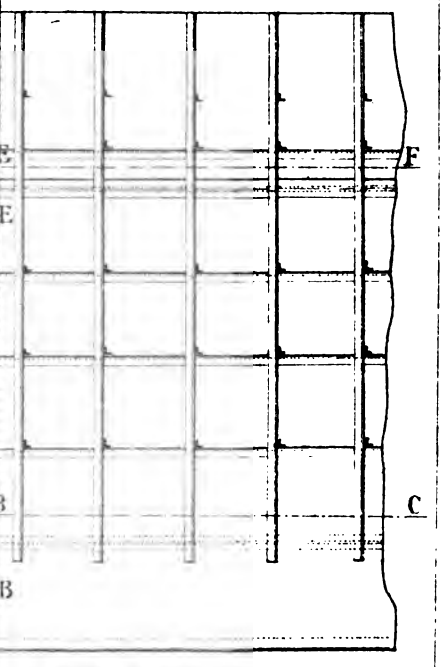
et des joints.

Fig. 12. Coupe transversale du B
sur un caisson à l'abri du Bâtarde



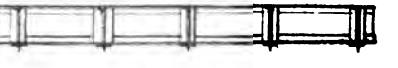
4.

Elévation du bâtardeau.



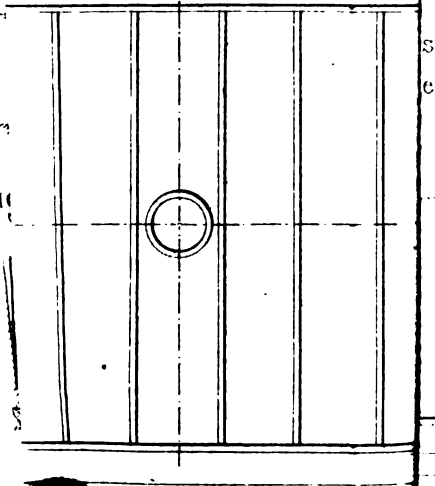
ant AB-BC.

ant DE-EF.

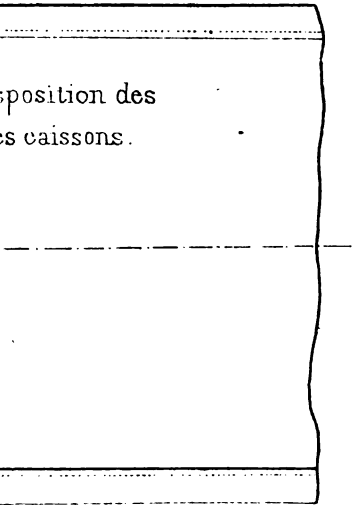


itardeaux

g. 13. Plan du Caisson.



sposition des
es caissons.



1486-87.
Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1887.

N° 8

Sommaire de la séance du 5 août :

1° *Origine de l'exploitation des trains-tramways sur les lignes françaises.* Lettre de M. Cerbelaud, page 85.

2° *Travaux de la Seine et leurs résultats économiques.* Lettres de MM. de Coëne et Boulé, pages 85 et 87.

3° *Excursion au Havre.* Note de M. Brüll, page 90.

4° *Transmission de la force motrice par l'électricité.* Note de M. Dehenne, page 91.

5° *Train sanitaire de la Compagnie du Chemin de fer de l'Ouest*, par MM. Ameline et Granjux, page 92.

6° *Train sanitaire de la Compagnie du Chemin de fer de l'Ouest.* Note de M. le Dr Gruby, page 95.

7° *Train sanitaire de la Compagnie du Chemin de fer de l'Ouest.* Réponse à la note de M. le Dr Gruby, par M. Clérault, page 96.

Pendant le mois d'août la Société a reçu :

1° De M. Lasne, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Étude sur la solubilité des phosphates et superphosphates*,

Du Comité exécutif du grand Concours international des sciences et de l'industrie, et de l'Exposition universelle de Bruxelles en 1888, le Règlement général et des documents relatifs à ce grand concours;

De la Société Commentry-Fourchambault, plusieurs exemplaires d'une *Notice sur les ponts tubulaires en acier portatifs et démontables, à portées variables,* système Brochocki;

De M. le baron Quinette de Rochemont : 1° un exemplaire de sa *Notice générale sur le port du Havre;* 2° un volume intitulé : *le Port du Havre* (Exposition maritime au Havre en 1887);

De M. H. Desprez, un exemplaire de sa *Notice sur le bassin de Bellot ;*

De M. Maurice Widmer, un exemplaire de sa *Notice sur le canal du Havre à Tancarville ;*

De M. T. Fauvel, un exemplaire de son *Étude sur le projet de captation et de dérivation des eaux de l'Avre pour l'alimentation de la ville de Paris ;*

De l'Association des industriels de France contre les accidents de travail, les fascicules nos 2 et 3 de 1887, de ses publications (Instructions sur *les Transmissions et le maniement des courroies, et sur les meules en grès et les meules artificielles ;*

De M. Gentilini, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *La Traversée des Alpes par le chemin de fer du Simplon*;

De M. E. Gruner, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur *les Associations et Syndicats miniers en Allemagne et principalement en Westphalie ;*

De M. Adhémar, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur le *Pont tubulaire en acier portatif et démontable à portée variable,* système Brochocki ;

De MM. Lethuillier et Pinel, la nouvelle édition de leur catalogue;

De M. P.-L. Lamure, un exemplaire de sa *Description des appareils télégraphiques imprimant électro-automatiques applicables à la télégraphie continentale et transmarine;*

De M. Brüll, membre de la Société, *Rapport sur les appareils et instruments de l'art médical à l'Exposition universelle de 1878,* par M. le docteur Gruby.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1887

Séance du 5 Août 1887

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu à l'occasion du procès-verbal deux lettres ; l'une de M. Cerbelaud, qu'il a le regret de n'avoir pas présentée à la dernière séance, et l'autre de M. de Coëne.

M. Cerbelaud fait observer que M. Mallet s'est mépris sur le véritable sens qu'il a attaché, dans sa communication, à l'origine de l'exploitation des trains-tramways sur les lignes françaises ; M. Cerbelaud a indiqué, comme de provenance autrichienne, l'innovation consistant à faire circuler, sur les lignes d'intérêt général, des trains locaux intercalés entre les trains ordinaires à long parcours. C'est cette innovation qui a motivé le décret de 1880, en dérogation à l'ordonnance de 1846 ; il n'y a pas d'assimilation à établir entre ces nouveaux services et celui du chemin de fer d'intérêt local de Bayonne à Biarritz auquel, d'ailleurs, on s'accorde à reconnaître des mérites incontestables d'une autre nature.

M. LE PRÉSIDENT fait ensuite donner lecture de la lettre suivante, de M. de Coëne :

Monsieur le Président,

Je viens de recevoir le procès-verbal de la dernière séance où MM. Hersent et Molinos ont parlé des travaux de la Seine et des résultats économiques qui en ont été la conséquence. Permettez-moi de vous

donner quelques chiffres qui feront mieux ressortir l'importance des travaux qui ont été exécutés sur la Seine ; ils n'ont été livrés qu'en octobre 1886 et n'ont pas encore produit tout l'effet qu'on peut en attendre. En 1886, le tonnage de Paris à Rouen et *vice versa* a été de 933 102 tonnes ; le tonnage kilométrique s'est élevé à 223 millions 941 mille tonnes transportées à un kilomètre.

En 1877, le tonnage avait été de 558 000 tonnes, et le tonnage kilométrique de 133 millions 392 mille tonnes kilométriques, soit plus de 70 0/0 d'augmentation.

Mais il est évident que, maintenant que la Seine va posséder un régime minimum de 3 mètres constant, les progrès de la navigation de la Seine vont augmenter dans de grandes proportions ; le prix du fret a déjà diminué depuis une année de plus de 25 0/0, puisqu'il n'y a plus de chômage et que les bateaux vont pouvoir marcher à pleine charge. Mais il y a un fait économique beaucoup plus important qui n'a pas été indiqué par ces Messieurs, et qui va produire des résultats considérables. C'est la rapidité qui va pouvoir être imprimée aux transports sur la Seine.

Autrefois, il fallait 8 jours, 10 jours et même 15 jours pour aller de Paris à Rouen.

Aujourd'hui des bateaux remorqués peuvent faire le même parcours en moins de 3 jours. La marchandise pourra être livrée plus vite que la marchandise par petite vitesse sur les chemins de fer. Cette vitesse nouvelle va exercer une influence considérable sur les transports sur la Seine et c'est la principale conquête que l'on a obtenue.

Je me permets d'appeler l'attention de la Société sur ce point comme suite à la communication que j'ai eu l'honneur de lui faire, de la pétition que notre Société a adressée au Parlement pour la suppression des chômages sur les canaux, qui va placer les entreprises de navigation, quand ce résultat sera obtenu, dans une situation toute nouvelle et qui va donner aux transports par eau en France une importance dont il est encore difficile d'indiquer la valeur, mais qui sera considérable.

Si je ne craignais d'allonger ma lettre outre mesure, je voudrais appeler l'attention de la Société sur un point que j'ai déjà traité devant elle, en 1877 : l'importance de la rapidité des transports des marchandises. Je me permettrai de rappeler quelques chiffres d'un rapport que vient de publier M. Hovius, président de la Chambre de commerce de Charleroi qui indique qu'il y a de grandes modifications à apporter à cette partie de l'exploitation de nos voies de transport.

Il dit que les transports mentionnés entre New-York et le Havre, qui peuvent s'effectuer à raison de 16 kilomètres à l'heure, (16 000 *m* à l'heure), s'effectuent sur nos canaux à raison de 0,900 *km*, je dis 900 *m* à l'heure.

Sur les chemins de fer, dans certains cas, cette vitesse descend à 500 *m* et même à 250 *m* à l'heure.

Ces chiffres tirés de faits d'expérience montrent qu'il faut nous attendre à une révolution dans nos modes d'exploitation, et si j'ai tenu à les rappeler, c'est pour mieux fixer l'attention de la Société sur les résultats obtenus par la canalisation de la Seine qui aura des conséquences économiques incalculables.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

J. DE COËNE.

M. ROY n'admet pas que l'on puisse comparer la vitesse obtenue sur la Seine avec celle que M. de Coëne attribue à la navigation sur les canaux du Nord; le chiffre de 900 mètres à l'heure, cité par lui, ne peut évidemment pas représenter la vitesse des bateaux eux-mêmes; elle tient compte d'une foule de circonstances accessoires, telles que l'encombrement des canaux, la difficulté de passer dans les écluses, qui occasionnent pour les péniches des lenteurs considérables. Aussi ce terme de comparaison ne peut-il être admis pour faire valoir les avantages que l'on pourra retirer des améliorations exécutées dans le lit de la Seine.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir également que M. Boulé, empêché d'assister à la dernière séance, à laquelle il avait été invité, a bien voulu rédiger la note suivante, relative au même sujet :

M. Boulé, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé de la navigation de la Seine, de Montereau à Poissy (hors Paris), fait remarquer que, d'après M. Molinos, le devis des travaux prévus pour donner à la Seine, le tirant d'eau de 3 mètres, entre Paris et Rouen, s'élevait à 21 millions.

Or, la loi du 6 avril 1878 avait prévu entre Rouen et l'entrée aval de Paris une dépense de . . . . . Fr. 32 000 000 »

puis la loi du 21 juillet 1880 avait prévu, pour avoir 3 mètres de tirant d'eau dans toute la traversée de Paris, une dépense de . . . . . 10 500 000 »

total, non pas 21 millions, mais. . . . . Fr. . 42 500 000 »

Les travaux entrepris en 1878 ont été dirigés par deux services d'ingénieurs en chef. M. Boulé a été chargé de la section de Paris à Poissy depuis 1878 jusqu'à ce jour. Les travaux de la section de Poissy à Rouen ont été dirigés par M. de Lagrené de 1878 à la fin de 1883 et, depuis cette époque, par M. Cameré, précédemment ingénieur ordinaire dans la même section.

M. Boulé n'a donc pas de renseignements complets sur la section de Poissy à Rouen, mais il peut en donner d'exacts pour la section de

Paris à Poissy; ils sont très éloignés du chiffre de 166 francs de dépense par tonne de trafic avancé par M. Hersent. Cette section comprend presque le tiers de la ligne, 70 kilomètres sur 234 et trois écluses sur neuf.

Le trafic de l'Oise à Rouen n'est pas de 300 000 tonnes, car, d'après la statistique du Ministère des travaux publics, ramené à la distance entière de la voie, il a été, en 1884 :

A la descente.	271 744 tonnes
A la remonte.	528 351 —
TOTAL.	800 095 tonnes

D'après la même statistique publiée pour les années 1881 à 1884 (Imprimerie Nationale), puis d'après les renseignements fournis par les Ingénieurs au ministère pour l'année 1886, le trafic de Paris à l'Oise a été le suivant :

ANNÉES	TONNAGE RAMENÉ AU PARCOURS D'UN KILOMÈTRE			TONNAGE ramené à la distance entière de 63 kilom. (Col. 4) : 63
	De Paris à La Briche	De La Briche à l'Oise	Total de Paris à l'Oise	
1	2	3	4	5
1881.	26 052 225	84 580 703	110 632 928	1 756 078
1882.	27 387 473	87 940 105	115 327 578	1 830 596
1883.	30 659 108	90 425 121	121 084 229	1 763 241
1884.	35 267 249	95 084 588	130 351 837	2 069 070
1886.	41 395 127	112 461 562	153 856 689	2 442 169

De Poissy à Paris les travaux sont terminés depuis plus de deux ans. Les nouvelles écluses de Carrières-sous-Poissy ont été livrées à la navigation en juillet 1881, celles de Bougival le 16 novembre 1883, celles de Suresnes le 15 septembre 1884; le nouveau barrage de Suresnes fonctionne depuis le 23 avril 1885, en tenant l'eau régulièrement à la cote 2,50 *m* de l'échelle du pont Royal.

Les dépenses, complètement réglées au 31 décembre 1887, s'élèveront pour la section des fortifications de Paris au pont de Poissy, à 10 800 000 francs pour la loi de 1878 et 4 325 000 francs pour la loi de 1880, soit au total 15 125 000 francs.

Pour les 2 442 169 tonnes du trafic de 1886, les quinze millions dépensés représentent, non pas 166 francs en capital, comme l'a dit M. Hersent, mais 6,20 *f* seulement; et à 5 0/0 : 0,31 *f* par tonne transportée de l'Oise à Paris, à 63 *km*, soit 0,0049 *f* par tonne kilométrique.

On objectera peut-être qu'aux 0,0049 *f* pour intérêts et amortissement du capital dépensé de 1878 à 1887, il faut ajouter les dépenses faites avant 1878. Ce serait excessif, car les ouvrages exécutés de

1837 à 1878, pour obtenir le mouillage de 2 mètres entre Paris et l'Oise, ont été en grande partie abandonnés ou reconstruits; puis le trafic de 2 442 169 tonnes s'applique à la distance de 63 kilomètres entre Paris et l'Oise, et les dépenses à la distance de 70 kilomètres entre Paris et Poissy. Néanmoins on a dépensé de 1814 à 1878 entre Paris et Poissy, 9 500 000 francs, soit 3,90 *f* pour chacune des 2 442 199 tonnes de 1886, et à 5 0/0 : 0,195 *f* qu'il faut ajouter aux 0,31 *f* indiqués ci-dessus, en tout 0,505 *f* pour 63 kilomètres, ou 0,008 *f* par tonne et par kilomètre. Ajoutons encore les frais annuels d'entretien et de personnel, ils s'élèvent actuellement à 156 000 francs, toutes dépenses d'administration, de la pêche, des bacs, du domaine public comprises, et il serait juste d'en déduire les revenus du domaine, mais pour les 153 856 689 tonnes kilométriques transportées en 1886, cela ne donne que 0,001 *f*.

L'intérêt à 5 0/0 du capital de premier établissement des travaux exécutés de 1814 à 1878, ajouté aux frais annuels d'entretien, de personnel et d'administration, ne donne donc que 0,009 *f* par tonne kilométrique du trafic de 1886.

Avant de dire que c'est encore un gros chiffre de dépense de premier établissement, il faut remarquer qu'avant les travaux, le tirant d'eau descendait à 1,30 *m* en été, à Poissy; que l'on attendait souvent une demi-journée et plus son tour de passage à l'écluse de Bougival; qu'à Paris, les bateaux omnibus cassaient souvent leurs hélices et s'arrêtaient quelquefois à l'hôtel de ville, faute de pouvoir remonter au delà ; qu'enfin, le tirant d'eau à l'écluse d'entrée du canal Saint-Martin, descendait souvent à un mètre.

Enfin, comme l'a dit M. Molinos, la batellerie n'a pas encore modifié son outillage et n'utilise pas encore le tirant d'eau de 3 *m*, réalisé d'ailleurs tout récemment entre l'Oise et Rouen; il faut donc attendre l'avenir et l'augmentation du trafic.

M. Hersent a dit aussi qu'il fallait augmenter les transports de marchandises de faible valeur de Paris à Rouen, où manque le fret de retour. Il faut pour cela que la batellerie s'en occupe, l'État n'intervient pas dans l'exploitation des voies navigables. Les quelques bateaux à vapeur qui circulent déjà entre Paris et Londres descendent et remontent à charge complète; ils emportent de Paris, principalement des pains de sucre et rapportent des cafés, cuirs, peaux, cornes, tuyaux en grès. Il est vrai qu'un marinier de Montereau porte de Nemours à Rouen du sable de verrerie moyennant 3 *f* à 3,50 *f* la tonne pour le parcours de 350 kilomètres entre Nemours et Rouen. On exporte ce sable jusqu'en Prusse et en Russie et l'on a bien raison de dire que l'amélioration de la Seine fera naître de nouveaux transports sans nuire au trafic des chemins de fer.

M. Polonceau croit que si on calculait toutes les dépenses qui ont

été consacrées à l'amélioration de la Seine, on atteindrait une somme considérable, et l'on arriverait peut-être à cette conclusion, que l'on a créé des facilités pour les transports étrangers, au détriment des transports français.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Aboilard, François, ancien directeur des houillères de Brassac, membre de la Société depuis la fondation, décédé à l'âge de 74 ans, après avoir exercé avec distinction et dévouement les fonctions d'ingénieur civil pendant plus de cinquante années; (*Voir la notice nécrologique*, page 153.)

Du décès du très estimé M. Vérité, Auguste, membre de la Société depuis 1864, fabricant de grosse horlogerie à Beauvais (Oise), chevalier de la Légion d'honneur, mort à l'âge de 79 ans ; *(Voir la notice nécrologique par M. le comte de Salis*, page 155.)

Du décès de M. Pascal, Roch-Georges, membre de la Société depuis 1863, sous-inspecteur de l'atelier central, chargé du bureau des études au chemin de fer du Nord, décédé à l'âge de 57 ans ;

Du décès de M. Jullin, Aimé, membre de la Société depuis 1857, ingénieur de la Compagnie du Canal interocéanique, à Panama (Colombie), décédé à l'âge de 48 ans.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Alfred Krupp, membre de la Société depuis 1868, maître de forges à Essen (Westphalie), officier de la Légion d'honneur.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. Mathias, Ferdinand, a été nommé officier de la Légion d'honneur. Les nombreux amis qu'il compte dans la Société applaudiront à cette haute distinction. M. Guilbert-Martin, a été nommé officier de l'ordre du Nicham (Tunisie), M. Pesce, Gaston, a été nommé grand-officier de l'ordre du Lion et du Soleil (Perse), M. Pontzen a été nommé Commandeur du Christ de Portugal.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que depuis la dernière séance, a eu lieu l'excursion au Havre, les 16, 17 et 18 juillet. Un de nos collègues, M. de Dax, qui a participé à cette excursion, a préparé un compte rendu, qui sera accueilli avec plaisir, autant par ceux qui y retrouveront les souvenirs de leur visite que par ceux que les circonstances ont empêchés d'y prendre part. M. le Président se bornera donc à dire pour le moment que l'on a pu visiter l'estuaire de la Seine, les travaux du port du Havre, le canal de Tancarville, l'Exposition du Havre, le transatlantique *la Gascogne*, et enfin l'usine d'artillerie de la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée. Il profite de la circonstance pour adresser publiquement ses remerciements aux personnes qui ont contribué à rendre ce voyage agréable et utile.

M. LE PRÉSIDENT rappelle encore qu'un certain nombre de membres de la Société ont pu assister chez notre collègue M. Fontaine, à une expérience intéressante de transmission de la force par l'électricité. M. Dehenne, membre de la Société, directeur de la Compagnie électrique, a bien voulu rédiger la note suivante relative à cette visite :

Un grand nombre de membres de la Société, habitant Paris, ont pu assister la semaine dernière à d'intéressantes expériences de transport de force motrice à grande distance, faites au laboratoire de la Compagnie électrique.

Ces expériences comportaient le transport électrique d'une puissance initiale d'environ 100 chevaux, à travers une résistance de 100 ohms, avec un rendement de 52 pour cent.

Elles sont dues à l'initiative de notre collègue, M. Hippolyte Fontaine, président du Conseil d'administration de la Compagnie électrique.

Les applications de transmission de force au moyen de l'électricité sont aujourd'hui fort nombreuses ; elles sont faciles à réaliser lorsque la puissance initiale ne dépasse pas 30 chevaux et la distance à franchir 2 kilomètres ; la difficulté est, au contraire, assez grande lorsque ces deux facteurs augmentent, surtout le dernier : la distance. Il faut alors, pour ne pas dépenser dans la ligne la majeure partie de l'énergie dont on dispose, réduire l'intensité du courant et augmenter sa force électromotrice.

Notre collègue a réussi à montrer qu'il n'est pas nécessaire, pour obtenir ce résultat, de créer un matériel spécial, encombrant et coûteux ; qu'il suffit de grouper convenablement les éléments industriels destinés aux applications courantes. Ce qui caractérise les expériences dont nous parlons, c'est en effet l'emploi de machines dynamos ordinaires, d'éléments mécaniques bien coordonnés, formant un ensemble essentiellement pratique.

Quelques mots de description suffiront à faire comprendre le dispositif adopté, aux membres qui n'ont pu assister aux expériences.

Une machine à vapeur Farcot, à 4 tiroirs, type 45-104, marchant à 5 *kg* développe 95 chevaux mesurés sur la jante du volant. (La puissance nominale de cette machine est de 60 chevaux, mais on peut lui faire développer 100 chevaux, sans trop fatiguer ses organes).

Le diamètre du volant est de 5 mètres ; la vitesse moyenne, de 55 tours par minute.

Le volant, à l'aide d'une courroie, actionne un arbre intermédiaire ; celui-ci communique le mouvement à 4 dynamos au moyen de 2 poulies et de 4 galets de friction. Il y a là un minimum d'organes de transmission et, par suite, un minimum de pertes dans le travail mécanique avec une grande sûreté de marche.

L'arbre de couche est placé à 6 mètres du volant ; sa vitesse est de 180 tours par minute.

Les poulies de commande ont 1,995 *m* de diamètre.

Les galets de friction placés sur les machines Gramme, sont en papier comprimé ; ils ont 0,400 *m* de diamètre et 0,250 *m* de largeur.

Les machines Gramme oscillent sur un axe placé en dessous de leur socle. Cet axe est disposé de telle sorte que c'est le poids même des machines qui détermine la pression des galets contre les poulies. Un débrayage commandé par un treuil permet d'éloigner rapidement les galets ou de les amener progressivement au contact des poulies.

Tout le système générateur, poulies comprises, tient dans un espace de 3,50 *m* sur 3,70 *m*.

L'appareil récepteur est encore plus simple : les machines Gramme sont montées sur un socle en maçonnerie et placées bout à bout. Elles sont reliées entre elles par des manchons garnis de caoutchouc. Elles occupent une surface de 7 mètres carrés environ, y compris la transmission qui reçoit le frein de Prony. Elles font 1 200 révolutions par minute.

Voici le résumé des expériences faites le 27 juillet :

Puissance mécanique disponible sur la jante du volant de la machine à vapeur	95 chevaux.
Puissance recueillie sur la transmission actionnée par les réceptrices	50 —
Résistance des conducteurs intermédiaires. (Cette résistance est celle d'un fil de cuivre pur de 5 *mm* de diamètre, de 124 kilomètres de longueur)	100 ohms.
Nombre de volts à l'origine de la ligne conductrice.	6 700 volts.
Intensité du courant en ampères	8 ampères.
Rendement industriel.	52,52 0/0.

M. Ameline a la parole pour sa communication sur le train sanitaire de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

M. Ameline donne communication d'un mémoire relatif à l'établissement du train sanitaire permanent n° 1 de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest. (*Voir le Mémoire*, page 98.)

M. Polonceau demande combien il entre de wagons dans la composition de chaque train, et s'il n'y aura qu'un train sanitaire par compagnie.

M. Ameline répond que le nombre des véhicules est de vingt-trois par train, et qu'il y aura dix trains pour toute la France.

M. le Président fait savoir qu'il a reçu de M. le docteur Gruby, médecin à Paris, une note relative au train sanitaire dont il vient d'être question. Avant de donner lecture de cette note, M. le Président tient à rappeler que M. le docteur Gruby, qui est connu de plusieurs

d'entre nous, est estimé ici, non seulement pour son mérite professionnel, mais aussi pour sa philanthropie et son dévouement aux grandes œuvres utiles à Paris ; il a rendu à la France, son pays adoptif, de grands services pendant la guerre de 1870-71. Il a eu l'occasion d'étudier, à l'Exposition de 1878, après des travaux personnels très importants, tous les moyens exposés pour le transport des blessés. Il a d'ailleurs remis à notre Société un exemplaire du rapport qu'il a fait sur l'Exposition de 1878, à ce point de vue.

Il est donné lecture de la note suivante du docteur Gruby, invité à assister à la séance.

Vous me demandez mon opinion sur le train sanitaire qui a été exposé ces jours-ci à la gare Saint-Lazare.

Voici les quelques observations que m'a suggérées l'examen rapide que j'en ai fait :

L'aspect extérieur m'a paru très bien; l'ensemble harmonieux et symétrique. Les ouvertures latérales assez larges pour que le chargement et le déchargement des blessés puisse s'opérer dans de bonnes conditions et la communication entre les passerelles des wagons, réglementaire et organisée convenablement.

Les ressorts des wagons m'ont paru assez souples pour la légèreté de poids du chargement qu'ils ont à supporter.

Quant à l'intérieur, l'aménagement m'a paru laisser un peu à désirer.

J'ai été frappé tout d'abord par l'exiguïté des wagons ; ils m'ont semblé beaucoup plus petits que ceux employés habituellement au transport des marchandises et, surtout, beaucoup plus bas de plafond.

La hauteur des lanterneaux au-dessus de la toiture me paraît exagérée; elle a l'inconvénient grave d'obliger le constructeur à abaisser d'autant le plafond pour maintenir le wagon dans les dimensions exigées par le gabarit des Compagnies de chemin de fer et de réduire ainsi notablement le volume d'air déjà restreint et si nécessaire aux malades.

On pourrait, je crois, trouver un autre système de ventilation qui n'aurait pas cet inconvénient.

De plus, ces lanterneaux s'ouvrant en avant et en arrière établiront certainement pendant la marche un courant d'air violent et désagréable qui entraînera à l'intérieur la fumée et les cendres de la locomotive.

Un courant d'air latéral me paraîtrait infiniment préférable.

On se trouvera aussi dans la nécessité de fermer ces lanterneaux lorsqu'il pleuvra. Le manque d'air ne tardera pas alors à se faire sentir à l'intérieur si la pluie dure pendant un temps assez long.

On pourrait trouver le moyen de faire passer l'air tout en empêchant la pluie de pénétrer à l'intérieur.

L'éclairage artificiel pendant la nuit me paraît également défec-

tueux : Aussitôt allumées, les lampes à l'huile qu'on doit placer à l'intérieur des wagons ne tarderont pas à imprégner l'air de leur fumée et de leur odeur.

On pourrait y remédier en adaptant à ces lampes de petits tubes ou cheminées qui conduiraient cette fumée et cette mauvaise odeur au dehors.

Les couchettes des malades solidement fixées au parquet et à la paroi du wagon subiront en conséquence pendant la marche les trépidations verticales et les secousses latérales des roues.

Je pense qu'on pourrait leur donner un peu d'élasticité ou trouver un moyen quelconque de suspension.

On pourrait alors en aménager quelques wagons qu'on réserverait aux soldats dangereusement blessés; ceux dont le système de couchettes n'aurait pas été modifié serviraient au transport des moins malades, à ceux dont la nature de la blessure permettrait de quitter leur lit pendant un certain temps.

Leur longueur de 1,80 *m* est ordinairement suffisante, néanmoins il serait très utile, je crois, d'en faire établir quelques-unes d'une plus grande longueur pour les malades de grande taille.

L'inconvénient le plus grand de ces couchettes est, à mon avis, le mauvais placement des deux planchettes traverses destinées à en maintenir l'écartement.

Ces traverses placées dans le fond, à peu près au milieu du lit et occupant l'endroit où doivent reposer les os du bassin du malade, qui est la partie la plus lourde du corps, pourraient le blesser.

De plus, les bords de ces traverses devraient être arrondis au lieu d'être anguleux.

Enfin le wagon à marchandises couvert qui se trouve à l'arrière du train et dont la hauteur et la largeur sont très grandes pourrait être utilisé en y installant des appareils suspendus destinés aux soldats grièvement blessés.

En résumé il me semble qu'il y aurait lieu d'apporter aux constructions de wagons qui seront faites ultérieurement les modifications suivantes :

1° Élever le plafond des wagons de 0,10 *m* en abaissant d'autant la hauteur des lanterneaux;

2° Changer les ouvertures de ces lanterneaux en les pratiquant sur les côtés, c'est-à-dire parallèlement à la marche du wagon, et garnir les deux bouts d'une planchette formant saillie et posée obliquement pour faire dévier la fumée et la pluie;

3° Fermer ces ouvertures au moyen d'un système à bascule se composant d'un châssis vitré pivotant autour d'un axe fixé parallèlement à la longueur du wagon, afin d'empêcher, au besoin, la pluie de pénétrer à l'intérieur tout en permettant l'accès de l'air;

4° Établir de petites cheminées pour faire évacuer au dehors le produit de la combustion des lampes;

5° Interposer entre le plancher et les couchettes, et entre la paroi du wagon, des ressorts pour adoucir les secousses;

6° Allonger quelques lits pour les hommes de grande taille;

7° Laisser au centre des couchettes un espace d'au moins 0,60 *m* entre les deux planchettes d'écartement dont les angles seraient arrondis;

8° Installer pour les soldats grièvement blessés quelques lits élastiquement suspendus, soit dans les wagons du train, soit dans le grand wagon à marchandises qui se trouve à l'arrière du train; couchettes de suspension élastique dont le balancement serait modéré par des attaches également élastiques.

M. Polonceau fait observer que le lanterneau n'a qu'un inconvénient, c'est d'occasionner un accroissement de dépenses assez important. Mais il a été reconnu, par expérience, que le lanterneau est indispensable dans les véhicules servant au transport des blessés.

M. le Président demande à M. Clérault, ingénieur en chef de la Compagnie de l'Ouest, et l'auteur du projet, s'il n'aurait point quelques observations à présenter sur la note de M. le docteur Gruby.

Invité par M. le Président à prendre la parole, M. Clérault dit qu'il est reconnaissant à M. le docteur Gruby d'avoir examiné avec autant de soin le train sanitaire et de présenter des critiques, car c'est ainsi seulement qu'on peut arriver à perfectionner ce qui a été fait; il pense répondre aux vœux de l'Assemblée en discutant brièvement les huit conclusions de M. le docteur Gruby.

1° La question d'élévation des wagons a été examinée par la Commission spéciale avec le plus grand soin; elle a été déterminée de la manière suivante: On a fixé pour le lit inférieur la hauteur convenable au-dessus du plancher; la hauteur du lit supérieur a été alors arrêtée de telle sorte qu'au-dessous un homme pût se tenir assis sur le lit inférieur; la hauteur des courbes du plafond a été fixée de manière à remplir la même condition pour le lit supérieur. On a ainsi obtenu 2,235 *m* entre le plafond et le plancher, ce qui est une très grande hauteur pour un wagon de ce type.

Quant à la suppression, ou même à la diminution des lanterneaux, elle serait regrettable, tant au point de vue de l'aérage qu'au point de vue de l'éclairage; des essais faits en masquant les côtés ont montré que la surface vitrée n'était pas ainsi trop grande.

2° et 3° Les ouvertures des lanterneaux ont été l'objet d'une étude toute spéciale; on évite l'engouffrement de la fumée en n'ouvrant que le côté arrière, et quant aux ouvertures latérales, on n'a pu avoir recours à une disposition du genre de celle qui est indiquée, car il fallait laisser libre le chemin latéral nécessaire aux lampistes du train

sur la toiture ; on a reporté les ouvertures latérales en un point où elles ont une autre utilité, c'est-à-dire dans les grandes portes roulantes. En fait, l'aérage est assuré par six ouvertures : deux vasistas dans les portes de bout, deux fenêtres dans les portes roulantes, deux ouvertures de bout dans le lanterneau.

4° Il a été reconnu, dans des essais prolongés et notamment dans tout le voyage de nuit du Havre à Paris, que l'éclairage était très bon sans l'adjonction de cheminées perçant la toiture.

5° La note de M. Ameline a montré comment on avait été conduit à chercher la douceur dans la suspension de la caisse ; restait l'installation des lits dans la caisse, et l'on a précisément évité tout contact avec les parois latérales pour empêcher que les lits ne participent aux ébranlements de ces parois ; les lits-brancards reposent sur un châssis qui n'a de points communs avec le wagon que quatre pieds reposant sur plusieurs épaisseurs de moquette. Il ne sera peut-être pas sans intérêt de faire quelques essais sur le remplacement de cet intermédiaire par des ressorts, des boules en caoutchouc, etc., mais le résultat est assez douteux, car s'il faut rechercher la douceur, il faut redouter les oscillations verticales, très mauvaises pour les blessés, quand la masse suspendue est faible.

6° Il est certain que les brancards sont un peu courts pour les hommes de très grande taille ; si l'on ne craint pas une certaine confusion au moment de l'emploi, on peut en prévoir quelques-uns de plus grande longueur.

7° La septième conclusion est purement médicale et il convient évidemment d'en tenir le plus grand compte.

8° Nous ne verrions aucune objection à ce qu'un véhicule fût réservé dans le train pour suspension de hamacs ou de toute autre couchette spéciale pour des cas particuliers.

Telles sont, en résumé, les observations auxquelles donne lieu, à notre point de vue, la lettre de M. le docteur Gruby ; nous n'avons pas eu la prétention d'arriver à la perfection et nous désirons vivement les critiques, car elles seules nous permettront d'améliorer l'œuvre entreprise.

M. le Président remercie M. Ameline de son intéressante communication, et M. Clérault des explications qu'il a bien voulu y ajouter. Des remerciements seront aussi adressés à M. le docteur Gruby. La création qui vient d'être décrite fait le plus grand honneur à la commission et aux ingénieurs de la compagnie de l'Ouest. Il croit que ces tentatives, dans la voie des améliorations pour le sort des blessés, doivent avoir une action bienfaisante sur le moral des troupes ; il exprime l'espoir que ces trains sanitaires, une fois bien établis, pourront être transportés dans les gares des villes de garnison, et soumis à différents essais ; les soldats, admis à les visiter, pourront ainsi

constater l'amélioration considérable réalisée, et acquérir l'assurance qu'en cas de blessure, il recevront des soins qui ont fait défaut jusqu'à présent.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, comme chaque année, la seconde séance d'août et les deux séances de septembre sont supprimées. Notre prochaine réunion aura donc lieu le 7 octobre.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

MÉMOIRE

SUR LE

TRAIN SANITAIRE PERMANENT N° 1

DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST

PAR

MM. AMELINE ET GRANJUX

I

Des évacuations de blessés ou malades, en campagne.

En temps de guerre, les malades et les blessés sont dirigés sur les ambulances, où ils sont divisés en deux catégories, suivant qu'ils sont ou non transportables.

Les non transportables comprennent les blessés que la gravité des traumatismes, la crainte des hémorrhagies ou de toute autre grave complication condamnent au repos absolu, et les malades atteints d'affections contagieuses dont la dissémination sur le territoire pourrait être le point de départ de graves épidémies ; ils sont soignés sur place, dans les hôpitaux de campagne dont sont dotés les corps d'armée.

Les autres blessés ou malades doivent être ramenés le plus tôt possible dans l'intérieur du pays, tant pour les placer dans les conditions les plus favorables à leur guérison que pour éviter aux armées l'encombrement dont les conséquences sont si rapidement funestes. A cet effet, ils sont rassemblés dans un hôpital chargé de préparer le fonctionnement des convois d'évacuation et appelé

hôpital d'évacuation. Les convois d'évacuation peuvent prendre soit les routes, soit les voies fluviales, soit les voies ferrées. Nous ne voulons point discuter ici la valeur réciproque de ces trois modes de transport ; mais il nous semble qu'on peut admettre, en se basant sur l'expérience des guerres modernes, que la plus grande partie de ces évacuations se fera par les chemins de fer ; il s'attache, par conséquent, un intérêt capital à l'étude du transport des malades par voies ferrées.

Cette question, du reste, a été réglementée par le décret en date du 1er juillet 1874, modifié par décret du 29 octobre 1884, relatif aux transports militaires par chemins de fer ; ce décret prévoit : 1° pour les malades ou blessés pouvant être transportés assis, des voitures à voyageurs placées dans les trains ordinaires ou formant des trains spéciaux ; 2° pour les malades ou blessés obligés de voyager couchés, soit des trains sanitaires improvisés, soit des trains sanitaires permanents.

Les *trains sanitaires improvisés* sont formés avec des wagons à marchandises employés au transport des troupes ; dans chaque wagon on place six brancards de campagne sur deux appareils du colonel Bry. Chaque appareil Bry consiste, comme il sera rappelé ci-après, en deux traverses, que l'on suspend aux parois latérales du wagon, au moyen de ressorts, et que l'on brèle au plancher du wagon ; les brancards se brèlent à la tête sur la traverse correspondante.

On obtient ainsi une assez bonne installation de fortune, mais ne permettant pas le transport de grands blessés; en outre, le défaut de communication de wagon à wagon prive, pendant la marche, les malades de tous secours médicaux.

Ces desiderata, qui ne sont pas particuliers au système Bry, mais qui sont le propre de tous les trains improvisés, ont amené chaque pays à préparer, dès le temps de paix, des trains plus confortables, spécialement aménagés en vue du transport des blessés : ce sont les *trains permanents*, véritables hôpitaux roulants, destinés à faire pendant tout le cours de la campagne un service régulier entre les hôpitaux d'évacuation et ceux de l'intérieur. Les trains de cette nature les plus connus sont ceux de l'armée américaine, des différentes sociétés de la Croix Rouge d'Allemagne et d'Autriche, et celui de la Société française de secours aux blessés.

La plupart de ces trains ont été construits exclusivement en vue du transport des blessés ; ils sont d'un prix très élevé et ont l'inconvénient de ne pouvoir être utilisés, en temps normal, pour un autre service, de telle sorte qu'ils coûtent très cher d'emmagasinage et s'usent sans servir; enfin, au moment de leur mise en marche, on n'est pas assuré de leur complet fonctionnement. Aussi l'administration de la Guerre a-t-elle pensé que, dans la construction de ses trains sanitaires permanents, il convenait de renoncer au système de wagons exclusivement réservés au transport des blessés, pour donner la préférence aux wagons utilisés, en temps normal, par les Compagnies pour le trafic.

Le train sanitaire que vient de construire la Compagnie de l'Ouest remplit ce double but, mais, avant d'en exposer la composition, il nous a semblé nécessaire d'indiquer par suite de quelles expériences, de quels essais la Commission militaire supérieure des chemins de fer s'est arrêtée au type actuel.

II

Expériences préliminaires.

Avant tout, la Commission militaire supérieure des chemins de fer voulut se pénétrer de la valeur des dispositifs adoptés ou proposés, soit en France, soit à l'étranger, pour soustraire les blessés transportés par wagons aux trépidations et aux chocs qui se produisent tant en marche qu'aux démarrages ou aux arrêts des trains.

A cet effet, la Commission, réunie à la gare Montparnasse le 7 avril 1880, après avoir examiné et étudié sur place les principaux appareils connus, conclut à l'essai en marche des systèmes suivants : Systèmes russe, allemand, autrichien, du colonel Bry, de M. le comte de Beaufort, secrétaire général de la Société de secours aux blessés, et de la Société de secours aux blessés.

Les expériences furent effectuées du 8 au 10 avril 1880, entre Paris et Brest, dans des trains ayant une vitesse de 45 à 60 kilomètres à l'heure, par une Sous-Commission ainsi composée :

MM. Lacapelle, sous-intendant militaire.
Rapp, médecin-major.
Picqué, médecin aide-major.

Trente-neuf hommes de troupe, pris dans des corps différents : cuirassiers, artilleurs, fantassins, figuraient les malades.

Système russe (fig. 1, pl. 149). — Le système russe consiste à suspendre dans un wagon, au moyen de grelins, à l'extrémité de 4 perches flexibles horizontales PP, 8 brancards B superposés deux à deux. Ces perches sont elles-mêmes fixées à 4 câbles CC tendus transversalement au wagon et attachées à 8 crochets vissés sur les parois du wagon.

Pour éviter le balancement des brancards, des cordes attachées aux brancards inférieurs sont passées dans des pitons fixés au plancher.

Les trépidations du véhicule sont adoucies par ce système, mais les perches produisent sur les grelins qui suspendent les brancards des oscillations d'amplitudes différentes, et, par suite, les brancards ne restent pas horizontaux ; en outre, les grelins glissent sur les perches et occasionnent aux blessés des mouvements très pénibles.

L'installation des blessés présente de sérieuses difficultés, parce que, les brancards se faisant équilibre à l'extrémité des perches, le chargement doit être simultané. Enfin, si l'une de ces perches venait à se rompre, les malades seraient exposés à des chutes graves.

Le service est rendu difficile en raison de l'encombrement du wagon à hauteur d'homme par les perches et les cordages.

L'aménagement du système dans un wagon exige vingt minutes.

Système allemand (fig. 2, pl. 149). — Il comporte 8 brancards B par wagon suspendus à la toiture par groupe de 2 brancards superposés.

Le système est attaché aux courbes de pavillon par des griffes G, la suspension porte des ressorts à boudin R ; de plus, des ressorts *r* fixés aux parois sont destinés à arrêter les oscillations horizontales.

Cette disposition adoucit notablement les trépidations, mais expose encore les blessés à des mouvements verticaux et horizontaux préjudiciables à leur état ; elle est d'une installation difficile

et ne peut être appliquée à tous les wagons de différents types; les chances d'avaries sont nombreuses et les chutes de brancards peuvent se produire fréquemment.

Système autrichien (fig. 3, pl. 149). — Dans ce système, les 8 brancards B sont suspendus aux parois latérales des wagons par des crochets C et des courroies D, sans l'interposition de ressorts ; le mode d'attache aux wagons a paru défectueux, aussi cette disposition n'a-t-elle pas été expérimentée.

Système Bry (fig. 4 et 4 *bis*, pl. 149). — La disposition consiste à suspendre aux parois du wagon 4 traverses d'appui T transversales à la voie, à la hauteur de 0,50 *m* environ au-dessus du plancher du wagon et à faire porter les extrémités des brancards B sur 2 de ces traverses avec interposition de ressorts à lames ou en spirale R, on peut ainsi mettre 6 brancards dans un wagon sans les superposer.

La suspension est dure et il se produit des mouvements transversaux.

Systèmes de Beaufort et de la Société de secours aux blessés. — 1° *Chevalets* (fig. 5, pl. 149). — Deux brancards B superposés sont suspendus par des grelins munis de ressorts Tucker *r* à des perches horizontales P reposant sur de grands chevalets C posés sur le plancher et atteignant presque le pavillon du wagon. En vue d'éviter les mouvements horizontaux le brancard inférieur est attaché par des cordes à des pitons fixés au plancher.

Cette disposition est assez facile à installer, mais elle a l'inconvénient d'occasionner un mouvement de roulis.

2° *Supports en charpentes* (fig. 6, pl. 150). — Ce système diffère du précédent en ce que les chevalets sont remplacés par des charpentes H formant 2 cadres à l'intérieur du wagon, et les ressorts du modèle Tucker sont remplacés par des ressorts à boudin R.

Ces cadres sont encombrants et d'un montage plus complexe ; ils donnent lieu à plus de vibrations que la précédente disposition.

3° *Cadres mobiles* (fig. 7 et 7 bis, pl. 150). — Ce système se compose de cadres en bois munis de ressorts de suspension sur lesquels reposent les brancards ; ces cadres sont simplement posés sur le

plancher, ils ne nécessitent pas une appropriation spéciale des wagons ; un modèle de cadres est disposé pour recevoir un seul brancard, un autre modèle pour recevoir 2 brancards superposés. Les ressorts sont en fil de fer rond enroulé en spirale.

Pour faciliter l'emmagasinage de ces cadres encombrants, on les a disposés de manière à pouvoir se plier.

Les inconvénients du système sont toujours les oscillations verticales, et, pour les brancards superposés principalement, la facilité avec laquelle les blessés roulent sur le matelas.

Paille. — Enfin, et à titre de comparaison, on a essayé la paille étendue sous les brancards. Les trépidations sont moins amorties qu'avec les brancards suspendus ; les mouvements horizontaux font rouler les malades.

Indépendamment de ces inconvénients, la paille en a d'autres par elle-même. Elle perd, au bout de peu de temps, son élasticité ; les parties les plus lourdes du corps s'enfoncent et le malade est très mal couché. Enfin on peut craindre de voir employer la paille pour plusieurs transports successifs et devenir une cause de contagion.

En résumé, aucun des systèmes essayés n'ayant donné de résultats satisfaisants, la plupart avaient des avaries au retour du voyage de Brest, la sous-commission a conclu au rejet de toutes les dispositions essayées (1).

Le 17 juin 1881, le ministre de la guerre demandait à la Compagnie de l'Ouest d'expérimenter, entre Paris et Rouen, des appareils Bry modifiés. La commission chargée de cette étude était composée de :

MM. Lacapelle, sous-intendant militaire ; Meige, médecin principal à l'hôpital du Gros-Caillou ; Chauvel, médecin-major de

(1) Nota.— Les 24 mars, 21 avril et 10 juin 1881 la Société de secours aux blessés procédait à de nouveaux essais entre Paris et Mantes de six modèles de chevalets et de supports de brancards également construits en vue d'amortir les vibrations, et dont la plupart, étudiés par M. de Beaufort, étaient établis de manière à ne fixer aux parois du wagon aucune attache et n'exigeaient aucune préparation ; ils se posaient simplement sur le plancher.

Ces systèmes, analogues à ceux essayés dans le voyage de Brest, dont il vient d'être question, comprenaient des chevalets, des cadres à charpente, des cadres pliants, dont les ressorts de suspension des brancards avaient été perfectionnés.

Toutes ces dispositions très ingénieuses adoucissent la suspension, mais elles ont l'inconvénient de produire des mouvements verticaux et aussi des mouvements horizontaux qui, bien que possédant de la douceur, sont de nature à fatiguer beaucoup les blessés ; enfin les ressorts, par cela même qu'ils ont une certaine sensibilité, peuvent, sous l'action de chocs un peu forts, se fausser et même se casser, et alors les inconvénients s'aggravent

1re classe, professeur au Val-de-Grâce ; Hocq, capitaine d'artillerie.

On adjoignit à la commission un officier d'administration et un garde d'artillerie.

Deux systèmes étaient présentés : le premier (fig. 8, pl. 150), suivant la disposition déjà essayée en avril 1880, suspendait transversalement à la voie dans les wagons à marchandises, à la hauteur de 0,50 *m* environ au-dessus du plancher et de chaque côté des portes, deux pièces de bois à section rectangulaire T sur lesquelles étaient posés les 3 brancards. La modification apportée consistait à supprimer les ressorts supportant individuellement les brancards et à disposer un ressort à boudin R à chacune des extrémités des 2 traverses. Ces 4 ressorts étaient attachés par des tiges articulées à 4 boulons traversant les parois du wagon.

Les ressorts à boudin étaient doubles et en laiton : un des ressorts venait soulager le principal ressort quand les traverses, chargées de 3 brancards, étaient soumises à des chocs un peu forts provenant de l'état de la voie.

Le second système essayé consistait à faire reposer les 2 traverses sur des tréteaux à 4 pieds munis d'un ressort à lames.

Cette disposition avait l'avantage de supprimer les attaches aux parois des wagons, mais elle n'a pas été trouvée assez douce et la commission a conclu à l'adoption du premier système, mais pour les trains sanitaires improvisés seulement.

La commission militaire supérieure des chemins de fer reprit la question pour les trains sanitaires permanents, et arrêta en mars 1884 le programme suivant : « Faire poursuivre par une commission spé-
» ciale les études réclamées par le service de santé pour la re-
» cherche du meilleur mode de suspension des brancards dans les
» wagons. »

» Exécuter des expériences comparatives sur les divers systèmes
» proposés. »

» Présenter un projet d'ensemble de train sanitaire pouvant être
» constitué avec rapidité et aussi économiquement que possible. »

La commission spéciale chargée de réaliser ce programme fut composée comme il suit :

MM. le colonel Morlière, président ; le colonel Leplus, chef du 4e bureau de l'état-major général ; le docteur Lemardeley, médecin-

major de 1re classe à la 7e direction ; le docteur Robert, médecin-major de 1re classe, professeur agrégé au Val-de-Grâce ; Clérault, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest ; le commandant Henry, de l'état-major général, secrétaire,

Cette commission fut saisie des différentes solutions proposées à la commission militaire supérieure par le docteur Redard, la Compagnie française de matériel, la Société de secours aux blessés, le colonel Bry et la Compagnie de l'Ouest, elle décida de les expérimenter sur un parcours suffisamment long ; le trajet choisi fut celui de Paris au Havre.

Le 12 novembre 1884 on fit donc entrer dans la composition d'un train omnibus de la ligne du Havre 6 wagons portant chacun un des dispositifs proposés.

1° *Disposition proposée par le Dr Redard* (fig. 9, pl. 150). — Un wagon du chemin de fer de l'Etat avait reçu les dispositions suivantes proposées par M. le docteur Redard.

Suspension. — Huit brancards superposés B deux à deux étaient disposés dans les angles du wagon. Chaque brancard était suspendu à un système de ressorts à boudin à double spirale R, munis à leur partie inférieure de crochets prenant les poignées des brancards et s'attachant à leur partie supérieure à des anneaux fixés à la paroi du wagon ou au plafond ; des amarres fixées aux poignées des brancards étaient attachées au plafond et au plancher pour éviter la mobilité des brancards.

Eclairage. — Quatre châssis vitrés placés sur les parois de bout du wagon donnaient accès à la lumière ; deux lampes étaient disposées en diagonale.

Ventilation. — Deux ouvertures faites dans le pavillon et fermées par un chapiteau à jour étaient destinées à concourir à l'aérage avec le plancher à frises non jointives.

Portes et communications de wagon à wagon. — Le wagon était muni de portes latérales et de portes par bout.

Les portes latérales étaient les portes à coulisse qui existent sur la généralité des wagons à marchandises. Les portes par bout étaient à un battant et s'ouvraient de dedans en dehors.

Des plates-formes mobiles en tôle formaient, en se réunissant, une passerelle permettant d'établir la communication d'un wagon à l'autre ; 2 ferrures servaient de garde-fous.

Les plates-formes pouvaient se relever et permettre ainsi l'accrochage et le décrochage des wagons. Il était prévu que lorsque le wagon servirait au transport des marchandises, les portes seraient fermées et les plates-formes relevées.

2° *Disposition proposée par la Compagnie française de matériel* (fig. 10, pl. 150). — Un second wagon de l'Etat avait été aménagé dans les conditions suivantes par la Compagnie française de matériel pour recevoir 8 blessés.

Les brancards d'un modèle spécial déjà construit par M. Bonnefond pour la Société de secours aux blessés, étaient superposés deux à deux sur des tringles en fer *t* prenant leur point d'appui, d'une part, sur les parois du wagon, et de l'autre sur un montant M fixé à l'une de ses extrémités au plancher du wagon, et à l'autre, au pavillon.

Un des brancards reposait directement sur les tringles en fer, et à titre de comparaison ; un autre portait sur les tringles en fer par l'intermédiaire d'un petit ressort à lames, et un troisième par l'intermédiaire de rondelles en caoutchouc.

Les dispositions du wagon en vue de l'éclairage, de l'aérage et de la communication en route étaient identiques à celle du wagon où se trouvaient installés les appareils de suspension du docteur Redard.

3° *Disposition de la Société de secours aux blessés.* — On avait fait entrer dans la composition du train d'expérience un des wagons d'ambulance de la Société de secours aux blessés, établi par M. Bonnefond et dont il est utile de rappeler ici la construction.

Les brancards reposent sur des tringles en fer supportées comme dans le wagon précédent. Des portes roulantes existent sur les côtés. La communication d'un wagon à l'autre est assurée par une plate-forme et un système de porte avec pont également décrit précédemment, mais les portes de bout ont deux battants pour permettre au besoin l'introduction des blessés par les passerelles. Un lanterneau central vitré, avec vasistas mobiles est installé pour l'aérage. Les dispositions intérieures permettent l'installation de 15 bran-

cards : on peut remplacer une partie des brancards par des bancs qui sont relevés contre les parois des wagons.

4° Disposition du colonel Bry. — Un wagon couvert Ouest avait reçu les appareils modifiés du colonel Bry déjà adoptés pour les trains improvisés.

5° Suspension des fourgons de la Compagnie de l'Ouest affectés au transport des denrées. — Le train comprenait un premier fourgon de la Compagnie de l'Ouest employé au transport des denrées, monté sur des ressorts ordinaires à flexibilité de 38 *mm* par mille kilogrammes, et un second fourgon dont les ressorts étaient rendus plus flexibles (flexibilité de 54 *mm*) par l'enlèvement de quelques lames de ressort.

Pour l'expérience, des hommes figurant les malades prirent place dans le train avec les infirmiers destinés à exécuter les manœuvres de transport et à simuler les pansements.

On effectua pendant le trajet, sur l'indication des médecins et à la demande des membres de la Commission, toutes les opérations propres à élucider les nombreuses questions à résoudre.

Le retour du Havre eut lieu pendant la nuit afin de juger de tout ce qui peut intéresser le service de nuit, tel que la circulation de wagon à wagon, l'éclairage des fourgons, etc.

A la suite de ce voyage, M. Clérault, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de l'Ouest, membre de la Commission, adressa la note suivante à M. le colonel Morlière, Président de la Commission :

« Un des points les plus importants du programme se rapportait » à l'étude des dispositions à adopter soit pour la suspension » propre aux véhicules, soit pour la suspension des brancards au » moyen de ressorts spéciaux destinés à soustraire les blessés et » les malades aux trépidations et aux balancements de la marche ; » la Commission après avoir examiné la suspension propre aux » deux wagons de l'Etat et celle du wagon de la Société de » secours aux blessés dont la flexibilité est respectivement de » 12, 18 et 31 *mm* par mille kilogrammes, a pu se rendre compte » qu'avec des véhicules ainsi suspendus (surtout pour les deux » premiers) les trépidations doivent être encore très sensibles pour » les blessés malgré l'interposition des couchettes et que dans le

» fourgon de la Compagnie de l'Ouest dont les ressorts ont une » flexibilité de 38 *mm*, ces trépidations sont bien amorties ; elle » a pu constater ensuite que l'effet est encore meilleur lorsque » l'on porte la flexibilité à 54 *mm* (comme il avait été fait sur le » second fourgon sans vigie expérimenté), en enlevant plusieurs » feuilles de ressort.

» La Commission a pu remarquer que la disposition essayée » dans un des wagons de l'Etat, et qui consiste à suspendre les » brancards à des ressorts à boudin atténue considérablement » les trépidations ; mais les ressorts à boudin, donnent au brancard » des oscillations verticales qui ne sont pas sans inconvénients pour » les blessés; de plus ils nécessitent un système d'attache assez » compliqué, nécessaire pour empêcher les balancements des bran- » cards.

» Les premiers résultats fournis par les expériences viennent » confirmer l'avis déjà émis par nous, que l'on doit rechercher » dans la suspension même des véhicules, plus que partout ailleurs, » la douceur qui est nécessaire au transport des blessés (1). »

» Le but à réaliser dans l'établissement des trains sanitaires est » d'avoir à un moment donné un matériel aménagé avec toutes » les dispositions spéciales que nécessitent le bien-être des malades » et les soins à leur donner, tout en se réservant la possibilité » d'utiliser ce matériel en temps de paix. Ce but paraît pouvoir » être atteint en appliquant les aménagements spéciaux aux véhi- » cules transportant habituellement des marchandises à grande » vitesse, parce que ces véhicules sont généralement d'un ton- » nage inférieur à celui des wagons à marchandises à petite » vitesse, soit 5 et 6 *t* au lieu de 8 et 10 *t* et plus, et surtout » parce qu'ils possèdent des ressorts plus flexibles. Si l'on envisage » ce dernier point de vue, on trouve que la flexibilité des ressorts » des wagons à marchandises, petite vitesse, est habituellement » de 12 à 20 *mm* ; la transformation que l'on pourrait faire subir » à ces resssorts, au moment de l'aménagement pour le transport » des blessés, ne permettrait guère d'obtenir une flexibilité supé- » rieure à 20 ou 25 *mm* tandis qu'avec la suspension des véhicules » à marchandises à grande vitesse, la flexibilité des ressorts qui

(1) Déjà le Congrès de Vienne de 1873 avait émis l'avis que toute suspension de brancard ajoutée à celle du wagon doit être condamnée, et M. le docteur Riant en avait indiqué l'inutilité et même les inconvénients, lorsqu'il s'agit de voitures suspendues.

» est normalement de 35 à 40 *mm* peut être portée à environ » 50 *mm* en enlevant des feuilles. A défaut de véhicules remplis- » sant ces conditions, si le fait existait pour quelque Compagnie, » on pourrait y remédier en réservant sur les véhicules aménagés, » la possibilité de monter au dernier moment des ressorts » flexibles.

» Il est à remarquer qu'au moment de la mobilisation, la mo- » dification ou le remplacement des ressorts pourrait être effectué » aux wagons simultanément avec l'installation des appareils spé- » ciaux destinés à recevoir les brancards, ces appareils se trou- » vant emmagasinés, comme il a été dit, sur le réseau de chaque » Compagnie, dans les conditions des bancs, des lanternes mili- » taires, etc.

» Il faut observer, en outre, que si l'application des dispositions » spéciales au transport des blessés devait se faire à des wagons » à marchandises à petite vitesse, il serait très difficile de retrou- » ver, au moment de la mobilisation, les wagons préparés à cet » effet. Ce matériel serait mélangé avec tout le matériel à mar- » chandises des Compagnies, et une partie des véhicules à installer » se trouverait hors du réseau, et même peut-être à l'étranger; » au contraire, les wagons à marchandises à grande vitesse restent » sur le réseau même des Compagnies ou s'en éloignent peu. Ces » derniers véhicules pourraient donc être réunis et appropriés » pour le transport des blessés dans un délai très court.

» En conséquence de ce qui précède, nous serions tout disposés, » en vue de l'organisation des trains sanitaires, à proposer de » comprendre dans nos prochaines commandes de matériel une » quarantaine de wagons à grande vitesse, sur le modèle de nos » fourgons sans vigie, et à les disposer pour recevoir, au moment » de la mobilisation, les aménagements spéciaux au transport des » blessés ; mais pour tenir compte des observations présentées » par la Commission dans le voyage du Havre, nous serions d'avis » d'apporter les modifications suivantes à la construction de ces » fourgons, ainsi qu'aux dispositions présentées par M. Bonnefond » pour l'aménagement des véhicules :

» 1° Suppression des niches à chiens pour permettre l'installa- » tion des 8 lits suivant la disposition proposée par M. Bonne- » fond ;

» 2° Addition d'un lanterneau d'un mètre de longueur environ » au milieu du fourgon pour l'aérage et l'éclairage, tout en con- » servant les 4 châssis vitrés éventuels des extrémités ;

» 3° Installation pour l'éclairage de nuit, de la lanterne mili- » taire réglementaire et de deux lanternes appliques, accrochées » sur deux des poteaux supportant les brancards, mais pouvant » être prises à la main.

» Ces lanternes pourraient être du modèle de celles présentées » par la Société de secours aux blessés ;

» 4° Installation de passerelles avec garde-corps, suivant la » disposition adoptée pour les voitures d'émigrants de la Compa- » gnie Générale Transatlantique et présentée par nous à la Com- » mission ;

» 5° Aménagement pour l'installation d'un calorifère pouvant » être chauffé au bois, à la houille ou avec des lignites, les seuls » combustibles que l'on puisse se procurer en toute circonstance.

» La part de dépense à facturer à l'Administration de la Guerre » serait d'ailleurs facile à déterminer. »

Les expériences faites sur la ligne du Havre par la Commission des trains sanitaires démontrèrent les points suivants :

Suspension. — 1° Le système de suspension Redard laisse trop de mobilité aux lits des blessés ;

2° Le système de tringles de la Société de secours aux blessés et de la Compagnie française, destinées à recevoir les brancards, est acceptable, mais le système de ressorts placés sous les poignées est insuffisant, incommode et dangereux pour les infirmiers ; les rondelles en caoutchouc sous les poignées n'ont pas d'effet ; il est préférable de faire reposer les poignées directement sur les tringles. Cette dernière disposition facilite d'ailleurs considérablement la mise en place des brancards qu'il est très difficile de glisser sur les tringles lorsque les brancards sont munis de ressorts, ou lorsque les tringles portent des rondelles en caoutchouc ;

3° Le système de suspension du colonel Bry doit être réservé pour les trains improvisés ;

4° Les wagons à marchandises ordinaires, dont la flexibilité des ressorts est de 12 à 17 millimètres par 1 000 kilogrammes, peuvent être utilisés pour les trains improvisés, mais ne possèdent

pas une suspension suffisamment douce pour les trains sanitaires permanents ;

5° Les fourgons de la Compagnie de l'Ouest, à chargement de 6 tonnes, employés au transport des denrées, et dont les ressorts ont une flexibilité de 38 millimètres par 1 000 kilogrammes, conviennent bien mieux, et la suspension devient satisfaisante si on porte la flexibilité à 54 millimètres, comme cela avait été fait sur un des fourgons à l'essai, en enlevant quelques lames de ressort. Dans ces dernières conditions, les chocs deviennent presque insensibles et on obtient un véhicule excellent parce que ce matériel possède les mêmes appareils de choc et de traction que le matériel à voyageurs.

Communication des véhicules. — La Commission, après avoir reconnu la nécessité de composer des trains sanitaires avec des véhicules à communication, de manière à permettre au personnel du service de santé de donner ses soins pendant la marche des trains, examina le système de passerelles monté sur les deux wagons de l'Etat ; elle reconnut que le passage d'un véhicule à l'autre ne pouvait avoir lieu sans exposer à des accidents, et elle fut d'avis que le système de passerelles appliqué aux voitures de la Compagnie Générale Transatlantique, qu'on lui présenta en gare de Paris-Saint-Lazare, offrait, au contraire, toute sécurité.

Ce système comprend, en effet, outre les deux ponts qui se rabattent l'un sur l'autre, deux tringles à fourreau formant de chaque côté, avec un tablier en toile, un garde-corps se prêtant bien au jeu des ressorts de choc et de traction.

Éclairage et ventilation. — Les deux fenêtres disposées dans chaque bout des wagons de l'Etat parurent à la Commission insuffisantes pour l'éclairage du véhicule ; la ventilation installée au plafond des wagons fut reconnue également insuffisante.

III

Programme arrêté par la Commission militaire supérieure des Chemins de fer.

A la suite du voyage au Havre du 12 novembre 1884, la Commission des trains sanitaires émit les avis suivants qui devaient servir

de programme à l'établissement d'un train sanitaire spécimen, et qui furent approuvés par la Commission militaire supérieure des chemins de fer.

1° *Suspension.* — Pour le transport à longue distance des militaires gravement blessés ou malades, aucun des modes de suspension des brancards n'est satisfaisant ; l'élasticité nécessaire pour atténuer l'effet des trépidations de la marche et des chocs doit être demandée à la suspension même du véhicule plutôt qu'au mode de couchage.

2° *Nombre de blessés par wagon.* — Le nombre des blessés ne doit pas être supérieur à huit par wagon, et à cet effet les couchettes doivent être installées dans chacun des angles du wagon et espacées dans le sens vertical de façon à permettre au blessé de se mettre sur son séant et au médecin de pratiquer les pansements.

3° *Communication des véhicules.* — On emploiera, pour passer d'un véhicule dans un autre, une disposition analogue à celle examinée sur les voitures de la Compagnie Générale Transatlantique.

4° *Ventilation et éclairage.* — Le lanterneau central avec vasistas mobiles du wagon de la Société de secours aux blessés est adopté.

Pour la nuit, on munira chaque véhicule d'une lanterne applique et d'une lanterne du type militaire.

5° *Chauffage.* — Le chauffage à l'aide de bouillottes n'élèverait pas assez la température ; il faudra avoir recours à de petits poêles.

6° Enfin la Commission reconnut la nécessité de garnir le plancher de linoléum, tant pour la propreté que dans le but de boucher les fentes du plancher.

La Commission avait ainsi tracé les principales conditions auxquelles devaient satisfaire les wagons ; mais il lui restait à déterminer le type des wagons spéciaux destinés au personnel du service de santé et aux approvisionnements de toute nature ; elle s'arrêta aux dispositions suivantes :

Wagons des médecins. — Les médecins attachés aux trains sanitaires étant exposés à rester en route pendant un temps assez long,

un fourgon leur sera affecté ; ce fourgon sera organisé sans luxe, mais avec un confortable relatif pour leur permettre de travailler et de se reposer. L'ameublement comprendra, à cet effet, des lits de fer avec des rideaux, un lavabo, des sièges, une table-bureau, un poêle.

Wagon des infirmiers. — Un fourgon installé comme celui des blessés sera affecté aux infirmiers, et comportera en plus, des sièges, une table-bureau.

Wagon-cuisine. — Un fourgon spécial devra contenir un fourneau, des réservoirs d'eau, des tables et des armoires, on y préparera les aliments et les tisanes.

Wagon pour la chirurgie, la pharmacie et la lingerie. — Un wagon spécial devra contenir le matériel et le linge indispensables pour les soins à donner pendant plusieurs jours aux malades.

Enfin les fourgons de tête et de queue des trains, appelés à recevoir les conducteurs et munis de vigie et de frein, seront affectés, le premier aux provisions emmagasinées dans des armoires, et le second, au linge sale et au combustible ; ces deux véhicules n'auront pas de portes de communication avec les autres véhicules du train.

Composition des trains sanitaires. — Après examen de ce qui se fait à l'étranger, des avantages et des inconvénients des trains plus ou moins longs, tant au point de vue des soins à donner aux blessés qu'aux précautions dont ceux-ci doivent être l'objet pour éviter les mouvements brusques et les chocs pendant le transport, le nombre des voitures fut fixé à 22, savoir :

20 fourgons dont	16	fourgons pour les blessés (1) ;
	1	fourgon pour les médecins ;
	1	— pour les infirmiers ;
	1	— pour la cuisine ;
	1	— pour la chirurgie, la pharmacie et la lingerie ;
2 fourgons dont	1	fourgon pour les provisions ;
	1	— pour le linge sale et le combustible ;

(1) Chaque fourgon de blessés pouvant contenir 8 hommes couchés, le train pourra transporter 128 malades ou blessés couchés.

dont les vingt premiers seulement devaient être d'un type particulier et mis en communication.

Enfin 5 véhicules à communication seront construits pour rechange, ce qui portera à 27 le nombre des véhicules par train.

Il fut arrêté en outre : 1° que les cinq wagons spéciaux pour les médecins, les infirmiers, la chirurgie, pharmacie et lingerie, la cuisine seraient placés au milieu du train de façon à desservir de chaque côté un groupe de huit wagons de blessés ; — 2° que le fourgon à provisions serait placé en tête du train, et le fourgon à linge sale en queue.

La Commission des trains sanitaires, avant de pousser plus loin son étude, jugea qu'il était nécessaire d'avoir sous les yeux un spécimen du fourgon de blessés établi d'après le programme qu'elle venait d'élaborer ; cette construction lui semblait, en outre, indispensable pour lui permettre de se rendre compte approximativement de la dépense qui résulterait de l'organisation de dix trains sanitaires prescrits par la décision du Ministre, en date du 9 mars 1884.

Il demeurait entendu qu'en ce qui concerne l'organisation des trains, chaque Compagnie aurait à proposer un ou deux trains complets, jusqu'à concurrence de dix, en transformant et en aménageant des wagons utilisés normalement dans son trafic ; les types des véhicules variant d'une Compagnie à l'autre, les transformations pouvaient être diverses en restant analogues.

La Commission chargea M. l'Ingénieur en chef Clérault d'établir :

1° Un spécimen de l'aménagement, pour le transport des blessés, d'un fourgon à denrées de la Compagnie de l'Ouest ;

2° Un projet d'organisation pour l'ensemble des trains sanitaires pouvant être constitués avec rapidité et aussi économiquement que possible.

Wagon-spécimen. — Un fourgon fut aménagé dans les ateliers de la Compagnie de l'Ouest, et il présenta, avec quelques modifications heureuses, les dispositions générales indiquées par la Commission au retour de son voyage du Havre.

Les fenêtres dormantes projetées sur les bouts du fourgon, à la tête des couchettes supérieures, furent remplacées par un vitrage

à vasistas, avec joues rigides en tôle, placé dans les portes de communication ; ce vasistas sert très efficacement à l'aération sans gêner les blessés, et il éclaire à la fois les couchettes superposées.

Un vitrage mobile rectangulaire fut disposé dans chacune des portes roulantes latérales.

Les côtés du lanterneau dirigés vers l'avant et l'arrière du train furent fermés par un vitrage pivotant autour d'un axe horizontal et muni d'un levier en fer permettant une manœuvre facile de l'intérieur du fourgon. Le vitrage à l'arrière dans le sens de la marche du train étant ouvert, produit un aérage très actif sans gêner les blessés.

Les serrures des portes furent munies de poignées permettant une ouverture facile de l'intérieur et de l'extérieur.

Une trappe à section carrée, pratiquée dans le plancher, fut installée comme exutoire pour le balayage du plancher et pour les matières dont on veut se débarrasser en route.

Une passerelle avec garde-fou, type des voitures d'émigrants de la Compagnie Générale Transatlantique, fut installée aux extrémités du véhicule.

Le fourgon affecté au service des denrées, qui reçut les modifications, avait seulement 2,035 *m* de hauteur entre plancher et plafond ; la distance entre les couchettes et la distance entre la couchette supérieure et le plafond, furent reconnues insuffisantes pour permettre aux blessés de se mettre sur leur séant ; il fut convenu que les fourgons à aménager pour le transport des blessés seraient faits avec 0,20 *m* de plus de hauteur.

L'avant-projet de la disposition des fourgons spéciaux aux médecins, infirmiers, à la cuisine, à la pharmacie et à la lingerie, aux provisions et au linge sale fut dressé par la Compagnie de l'Ouest sur les bases tracées par la Commission en vue d'établir un compte approximatif des dépenses. Ce projet comprit la plupart des améliorations proposées par la Compagnie de l'Ouest pour le fourgon des blessés.

Projet d'organisation pour l'ensemble du train. — Le projet de la Compagnie de l'Ouest comportait, comme elle l'avait déjà proposé à la suite du voyage au Havre du 12 novembre 1884, la formation des trains sanitaires avec des fourgons du modèle que les Compa-

gnies emploient pour leurs transports à grande vitesse, ces véhicules devant pouvoir être installés en trains sanitaires quinze jours après réquisition adressée aux Compagnies.

Cette organisation comprenait :

1° Etablissement aux frais de l'administration de la guerre, de toutes les dispositions spéciales au service de santé, et fourniture par cette administration de tout le matériel nécessaire au dit service,

L'application des dispositions spéciales au transport des blessés à des véhicules existants devant entraîner à des frais plus considérables que ceux que nécessitait la même application lors de la construction de matériel neuf, la Compagnie de l'Ouest offrit de faire construire 25 fourgons de son modèle pour le transport des denrées, en prenant à sa charge la construction de ces véhicules, l'administration de la guerre supportant seulement la dépense des dispositions spéciales au service sanitaire.

2° Garde et entretien par la Compagnie des aménagements spéciaux au service sanitaire, y compris le mobilier qu'elle fournirait moyennant une somme annuelle payée par l'administration de la guerre ;

3° Garde et entretien par l'administration de la guerre des objets fournis par elle ;

4° Installation des véhicules en train sanitaire sur réquisition et dans un délai de quinze jours, l'administration devant remettre le mobilier fourni par elle, cinq jours après la date de réquisition ;

5° Réinstallation des fourgons pour le transport des marchandises, après la période d'utilisation comme fourgons sanitaires ;

6° Paiement à la Compagnie, d'une somme à fixer, pour indemnités des frais d'installation en train sanitaire et de réinstallation pour le service des marchandises ;

7° Location du train par la Compagnie à l'administration de la guerre, après réquisition de ce train ;

8° Traité de traction et d'exploitation pour la circulation du train.

Un premier aperçu de la dépense, à la charge de l'administration de la guerre, non compris le mobilier fourni directement par elle, comprenait :

1° Premier établissement : capital . . . . . Fr. 56.000

2° Conservation et entretien annuel du matériel d'aménagements : annuités 4.000

3° Frais particuliers à la mise en service et la remise en état : dépense. 8.000

En admettant que l'administration de la guerre fasse construire de toutes pièces un train sanitaire, les dépenses peuvent être estimées, non compris le mobilier fourni par cette administration :

1° Frais de premier établissement du train : dépense . 175.000

2° Etablissement de remises : dépense 85.000

3° Frais du gardiennage, entretien et renouvellement du train et des bâtiments : annuités . . . . . 10.000 à 12.000

La Commission jugea que le projet de la Compagnie de l'Ouest, outre qu'il présentait toutes les garanties voulues pour une organisation rapide des trains sanitaires au moment d'une mobilisation, était aussi économique que possible.

A la date du 27 mars 1885, le regretté général Morlière rendait compte, à la Commission militaire supérieure des chemins de fer, des travaux de la Commission des trains sanitaires, et présentait au nom de cette commission les conclusions suivantes :

1° Autoriser l'étude détaillée par la Compagnie de l'Ouest d'un projet de train sanitaire composé de wagons neufs aménagés suivant les dispositions exposées dans le rapport, et suivant le fourgon spécimen aménagé;

2° Faire exécuter avec ce train des expériences décisives, avant de constituer les neuf autres trains sanitaires ;

3° Adopter les bases proposées par la Compagnie de l'Ouest pour le traité à conclure entre le département de la guerre et cette Compagnie pour la construction du train sanitaire spécimen.

Les conclusions de la Commission des trains sanitaires, et l'avant-projet dressé par la Compagnie de l'Ouest reçurent l'approbation de la Commission militaire supérieure des chemins de fer et du Ministre de la guerre. A la date du 10 mai 1886, intervint un traité établi d'après ces bases et tenant compte de diverses additions et améliorations demandées. Dans ces conditions, le maximum de la dépense d'établissement fut porté à 60 000 francs, l'annuité pour la garde et l'entretien à 6000 francs et l'allocation pour la mise en

service après réquisition et remise en état à 8 000 ou 10 000 francs suivant qu'il sera accordé 15 jours ou un mois pour livrer le train.

IV

Réalisation du programme adopté par la Commission militaire supérieure des chemins de fer.

Aussitôt après la signature du traité précité, M. Clérault, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de l'Ouest fit entreprendre les études de détail du train sanitaire, de concert avec la Direction du service de santé, puis il fit procéder à l'exécution du train sous la surveillance de M. Ameline, Ingénieur des voitures et wagons. Au cours de ce travail, la Compagnie de l'Ouest proposa et fit adopter les améliorations suivantes:

1° Support des brancards dans les fourgons de blessés ;

Les tringles horizontales destinées à recevoir les brancards, fixées d'une part aux parois du wagon, et d'autre part à un poteau vertical, présentaient l'inconvénient de faire participer les brancards à la fois aux vibrations du plancher et à celles des parois.

Dans le but d'obvier à cet inconvénient, la Compagnie de l'Ouest proposa, pour supporter les tringles des brancards, un chevalet reposant uniquement sur le plancher. S'inspirant d'expériences faites sur son matériel pour adoucir la suspension des banquettes des voitures de 1re classe, elle proposa que les pieds des brancards reposassent sur plusieurs épaisseurs de moquette, de préférence à des épaisseurs en caoutchouc et de préférence surtout à des intermédiaires tels que ressorts à boudin ou en spirale qui auraient entraîné la mobilité des chevalets à l'intérieur du véhicule. La nouvelle disposition essayée le 9 juillet 1886, en présence d'une délégation de la Commission militaire supérieure des chemins de fer, présidée par M. le colonel Leplus, et du docteur Baudouin, directeur du service de santé, fut reconnue préférable à celle qui avait été précédemment adoptée. Elle offrait, en outre, l'avantage de faciliter considérablement l'accès autour des couchettes des malades.

2° Vitrage du lanterneau sur les quatre faces en vue de mieux éclairer le véhicule ;

3° Application de filets, à l'intérieur des fourgons de blessés, pour recevoir les vêtements des hommes ;

4° Installation d'un fourgon pour servir d'allège à la cuisine.

La composition du train a été ainsi portée à 23 véhicules, et le nombre des rechanges a été réduit de 5 à 4 véhicules.

Il nous reste maintenant à décrire l'installation détaillée du train tel qu'il a été livré pour les essais, à sa sortie des ateliers de MM. Desouches David et C^ie^ qui ont construit les véhicules et fourni une partie du mobilier que devait livrer la Compagnie de l'Ouest, le reste de ce mobilier ayant été établi par M. Simonet, entrepreneur, à Paris.

Descriptions des véhicules (1). — Le fourgon de tête et le fourgon de queue destinés à recevoir les provisions et le linge sale sont tenus en dehors de la communication avec les autres véhicules du train. Ces fourgons ont une vigie et un frein manœuvré à la main, pour les conducteurs du train.

Les 21 autres fourgons communiquent entre eux, ils comprennent deux types de véhicules, savoir : le type des 16 fourgons destinés au transport des blessés, construits avec des châssis du modèle de ceux des fourgons employés au transport des denrées (fig. 13, pl. 151) ; et le type des 5 fourgons destinés aux médecins, aux infirmiers, à la chirurgie, pharmacie et lingerie, à la cuisine et à l'allège de la cuisine, ainsi que les 4 véhicules de rechange (fig. 14, pl. 151), qui sont établis avec une plate-forme à l'une de leurs extrémités. Le personnel du service de santé peut ainsi accéder dans les fourgons spéciaux et dans le train, sans avoir à emprunter, soit les portes latérales de ces véhicules, soit les portes latérales des fourgons de blessés. Les plates-formes sont fermées par des portes pour éviter les accidents en cours de route.

L'addition d'escaliers aux fourgons spéciaux a permis de clore les portes latérales lorsque l'aménagement du mobilier pouvait s'en trouver facilité.

(1) Nota. — On remarquera que cette description ne comporte pas toutes les améliorations dont il a été parlé plus haut, notamment le linoléum sur le plancher, etc... : mais la Compagnie de l'Ouest a dû s'arrêter au moment où les dépenses ont atteint la somme de 60 000 francs qui lui était fixée comme un maximum ne devant en aucun cas être dépassé.

Les fourgons à plates-formes sont munis de freins à main pour le cas où le fonctionnement du frein continu Westinghouse installé sur tous les véhicules viendrait, pour une cause quelconque, à être interrompu.

Suspension. — La suspension des fourgons pour les blessés, les médecins et les infirmiers à été l'objet d'une étude minutieuse, et l'on s'est appliqué à donner aux ressorts de suspension la plus grande douceur compatible avec le mode de construction des véhicules. Voici les dispositions qui ont été prises à cet effet.

Les ressorts des véhicules calculés pour le transport de 6 tonnes de marchandises seront remplacés, au moment de la mobilisation, par des ressorts spéciaux possédant la plus grande flexibilité possible, étant donné : 1° la charge que les véhicules ont à supporter lorsqu'ils seront employés au transport des blessés ; 2° que les autres parties de la suspension doivent rester les mêmes lorsqu'on passe du transport des marchandises au transport des blessés. On a adopté pour ce dernier cas, des ressorts possédant une flexibilité de 90 *mm* au lieu de 38 *mm* (flexibilité pour le transport des denrées), et au moment de la mobilisation, les mains de suspension seront reliées aux ressorts par des anneaux, comme pour les voitures à voyageurs.

Si l'on considère que la flexibilité des ressorts des fourgons affectés au transport des blessés, des médecins et des infirmiers est de 90 millimètres (flexibilité relevée aux essais) et qu'elle est de :

128 millimètres pour les voitures de luxe,
120 — pour les voitures de 1re classe nouvelles,
90 — — — anciennes,
70 — pour les voitures de 2e classe,

on voit que la suspension des fourgons dont il s'agit est supérieure à celle des voitures de 2e classe, et se rapproche de celle des voitures de 1re classe.

Les dispositions adoptées pour le montage des boîtes à graisse et des appareils de choc et de traction sont identiques à celles du matériel à voyageurs.

Communication des véhicules. — La communication des véhicules

(sauf pour les fourgons de tête et de queue qui doivent contenir l'un, des provisions et l'autre, le linge sale, qu'il a été jugé prudent de tenir isolés), est assurée par une porte à simple battant s'ouvrant extérieurement sur un pont rabattu ; la sécurité de passage d'un wagon à l'autre est garantie par un garde-corps qui subit les variations de longueur résultant de la compression et de l'extension des ressorts de choc et de traction ; cette communication assure en toute sécurité au personnel le passage d'un wagon à l'autre pour donner les soins aux blessés, transporter les médicaments, etc.

Le ravitaillement en vivres, combustible, linge, etc. s'effectuera ordinairement pendant les arrêts par les portes latérales à coulisse. Ce ravitaillement pourrait, en cas d'urgence, avoir lieu par les portes de communication de wagon à wagon, mais, fait habituellement dans ces conditions, il exigerait beaucoup de temps, serait une gêne pour les soins à donner aux blessés et aux malades, et exposerait ces derniers à des courants d'air et des refroidissements préjudiciables à leur rétablissement.

Pour le transport d'un wagon à l'autre, pendant la marche, des potions, médicaments, tisanes et vivres, le service de Santé a fait construire un système de paniers avec cases séparatives appropriées aux objets à transporter; un infirmier peut tenir d'une main un panier, pendant que de l'autre il ouvre et referme ensuite les portes de communication des wagons.

Ventilation et éclairage. — Un lanterneau central concourt à la ventilation et à l'éclairage des véhicules avec les vasistas pratiqués dans chaque porte de bout et les châssis mobiles des portes roulantes de face.

La nuit, l'éclairage est assuré par une lanterne applique à bec rond et deux lanternes à main.

Propreté. — La propreté du wagon est rendue facile par l'installation dans le plancher d'une trappe par laquelle on peut évacuer en route les balayures et les déjections.

Chauffage. — Il y avait à assurer le chauffage des fourgons de blessés et des fourgons spéciaux (médecins, infirmiers, pharmacie, lingerie, allège de la cuisine).

Les principaux systèmes de poêles employés avec succès pour le chauffage des appartements et dans les hôpitaux furent essayés dans un fourgon de blessés au repos et en marche (voyage du 7 mars 1887 entre Paris et Mantes). Il fut reconnu que tous avaient des inconvénients sérieux ; s'ils sont à faible tirage, ils laissent échapper des gaz à l'intérieur du fourgon ; s'ils sont à tirage un peu fort, ils incommodent par leur excessif rayonnement. Un modèle de poêle spécial fut étudié et installé dans un des fourgons de blessés, en vue de répondre aux conditions suivantes (fig. 12, pl. 150) :

1° Brûler les différentes natures de combustible ordinairement employées par les chemins de fer et qu'il sera toujours possible de se procurer ;

2° N'exiger que des chargements peu fréquents ;

3° Etre disposé de telle sorte que les produits de la combustion ne puissent se répandre à l'intérieur du fourgon au repos, lorsque le tirage est nul, et même lorsque les gaz de la combustion ont tendance à être refoulés à l'intérieur du poêle ;

4° Emettre assez de chaleur pour qu'en marche la température se maintienne entre 10 et 15 degrés à l'intérieur du fourgon lorsque la température atmosphérique est de 10 degrés au-dessous de zéro ;

5° Ne pas incommoder le personnel de santé, obligé de se tenir à proximité et ne pas occasionner de brûlures lorsqu'on touche accidentellement les parties extérieures ;

6° Agir comme ventilateur en enlevant l'air vicié à l'intérieur du fourgon et en le remplaçant par de l'air pur chauffé à une température modérée ;

7° Etre d'une construction solide, de manière à ne pas provoquer d'incendie, même en cas de renversement.

Les expériences faites au repos et en marche, le 10 mai 1887, entre Paris et Mantes, ont démontré que ce programme était rempli par l'appareil commandé, à titre de spécimen, à MM. Bousseroux-Odelin. Nous en donnons ici une description sommaire.

La nécessité de rendre aussi peu fréquent que possible le chargement a conduit tout d'abord à faire choix d'un poêle à cuve se chargeant par la partie supérieure ; la cuve est fermée par un couvercle (avec bain de sable) emmanché à baïonnette. Il fallait don-

ner à ce poêle un tirage assez fort pour brûler la houille que les Compagnies emploient, et éviter aussi le refoulement des gaz à l'intérieur du fourgon ; ces deux conditions ont fait placer l'échappement de la fumée à la partie supérieure de la cuve ; mais, d'autre part, il fallait se garantir contre un rayonnement excessif des parois : dans ce but, la cuve en tôle a été garnie en briques.

L'air pur pris sous le plancher du véhicule circule entre la cuve et une enveloppe composée de deux tôles espacées de 20 millimètres et garnies de sable ; il se répand à l'intérieur du fourgon par des bouches placées à la partie supérieure du poêle.

L'enveloppe atténue considérablement le rayonnement.

Enfin, un grillage entoure l'appareil pour mettre à l'abri des brûlures.

Le tuyau de fumée a été également entouré d'une enveloppe en tôle pour diminuer le rayonnement et former en même temps ventilateur.

Le couvercle du poêle est disposé pour recevoir les pots à tisanes et maintenir chaudes ces boissons.

L'installation du spécimen de poêle dans le fourgon 101 prévoit que ce poêle pourra être déplacé et reporté sur l'autre face du fourgon, de manière à permettre le chargement des blessés par l'une ou l'autre porte, suivant la disposition des quais d'embarquement dans les gares. A cet effet, des ouvertures ont été pratiquées en face de chacune des deux portes, dans le plancher et dans la toiture, et celles qui ne se trouvent pas occupées par le poêle sont bouchées avec des tampons en tôle.

Deux infirmiers peuvent, sans difficulté, déplacer le poêle qui, à cet effet, est muni de poignées.

Chaque véhicule du train sanitaire porte extérieurement, sur ses panneaux de face la croix de Genève et l'inscription : *Train sanitaire n° 1 — Ouest*. Lorsque les véhicules serviront comme fourgons à marchandises, la croix rouge sera supprimée, mais le fond blanc de l'insigne subsistera ; en outre, l'inscription : *Ne doit pas sortir du réseau Ouest* remplacera *Train sanitaire n° 1 — Ouest*. Cette disposition permettra de réunir rapidement tous les fourgons sur un point déterminé lorsqu'il s'agira de les aménager pour une mobilisation.

Fourgons de blessés (fig. 15, pl. 151). — L'installation des bran-

cards sur des chevalets a été décrite précédemment, il nous reste à faire connaître la disposition des lits-brancards.

Le lit-brancard (fig. 11, pl. 149) se compose de deux hampes A en bois de sapin verni, de 1,95 *m* chacune de longueur, reliées aux deux extrémités par deux traverses B, inclinées à 45°, et dans le milieu par deux entretoises C.

Des sangles D croisées, de 0,10 *m* de largeur forment le fond du lit. Ces sangles sont bandées dans les deux sens sur les hampes et sur les traverses, où elles sont cloués et consolidées par un jonc demi-rond en bois.

Le brancard reçoit des poignées E en corde forte ; deux sont placées aux extrémités des hampes, et une à chacune des traverses.

Trois gaînes en fer F, fixées au moyen de vis sur l'une des deux hampes, côté tête, sont destinées à recevoir des douilles métalliques d'une tablette en bois, qui est disposée pour recevoir un pot à tisane, un verre à boire et un crachoir ; suivant qu'elle doit ou non être garnie de ces ustensiles, elle est placée horizontalement ou rabattue contre la hampe.

Les verres, pots à tisane, cuillers, fourchettes, etc., lorsqu'ils ne sont pas placés sur la tablette, sont rangés dans un panier spécial qui peut servir de siège à l'infirmier ; il y a en outre, par wagon, deux pliants, quatre cerceaux à fractures, un seau hygiénique, un bassin de lit et un urinoir en étain, un broc, un seau ordinaire et tous les objets de propreté nécessaires. Chaque malade a un petit sac en toile pour serrer ses menus objets, et un jeu de linge de corps et d'effets d'hôpital pour remplacer le linge ou les vêtements qui seraient souillés ou déchirés.

A chaque lit, une planchette reçoit le billet d'hôpital.

Le lit est muni d'un matelas contenant 12 kilogrammes de laine, d'un traversin de 1,500 *kg* de laine (matelas 1,75 *m* de long sur 0,75 *m* de large), d'un oreiller, de deux couvertures et de deux draps.

Deux filets sont installés à la partie supérieure du couloir laissé libre par les couchettes ; ils ont comme longueur la distance comprise entre le lanterneau et la porte du wagon. Les filets sont destinés à recevoir les vêtements des hommes et leur sac.

Fourgon des médecins (fig. 16, pl. 152). — L'aménagement de ce fourgon comporte :

1° Trois lits en fer avec sommiers élastiques pouvant se replier. Chacun des lits est placé dans un compartiment qui peut être fermé par des rideaux. Un quatrième compartiment avec lavabo et porte manteaux sert de cabinet de toilette; on peut au besoin y installer un fauteuil de repos;

2° Un bureau à trois groupes de casiers fermés;

3° Un espace fermé dans lequel se trouvent un seau hygiénique et la trappe pour l'évacuation des balayures et des déjections.

Fourgons des infirmiers (fig. 17, pl. 152). — L'installation des lits y est faite dans les mêmes conditions que dans les fourgons de blessés. L'aménagement comporte, en outre, des porte manteaux, un bureau avec trois groupes de casiers, un seau hygiénique dans un cabinet fermé où se trouve également la trappe d'évacuation.

Fourgon-chirurgie, pharmacie et lingerie (fig. 18, pl. 152). — Les flacons et les pots sont rangés dans des tiroirs appropriés aux dimensions des objets qu'ils sont appelés à recevoir. Cette disposition est préférable à toute autre, au double point de vue du classement des flacons sans perte d'espace, et de la préservation de la poussière.

L'installation comporte, en outre, deux meubles dont les tiroirs ferment au moyen de réglettes disposées sur les côtés.

Quatre armoires, dont deux à tiroirs, pour les appareils de chirurgie et les objets de pansement, et une à tablette et porte à deux battants pour les appareils de chirurgie de grande dimension.

Six armoires à tablettes et à doubles vantaux pour le linge et les vêtements destinés aux hommes.

Deux tables avec tiroirs et casiers affectées l'une à l'officier comptable, l'autre au pharmacien comme table de laboratoire.

Deux casiers placés sous le bureau du comptable et sous la table de laboratoire, destinés à loger, l'un les zincs pour fractures, et l'autre, les attelles.

Deux caisses renferment les béquilles.

Fourgon-Cuisine (fig. 19, pl. 153). — La cuisine comporte un fourneau contenant deux grandes bassines séparées par un foyer central, un four intérieur pour les rôtis, un bain-marie, etc.

Les bassines et le bain-marie ont été pourvus sur leurs bords de

chicanes afin d'éviter la projection du liquide, au moment des arrêts et des accostages.

Quatre réservoirs, de 400 litres chacun, sont disposés dans les angles du wagon, au-dessus de quatre armoires destinées à recevoir une partie de l'outillage de cuisine. Ces quatre réservoirs sont tous mis en communication par un tuyau, et chacun d'eux peut être isolé, sans que l'alimention des autres réservoirs soit intéressée. Pour remplir ces réservoirs, on a disposé sur deux d'entre eux, placés de chaque côté du véhicule, une prise d'eau qui peut recevoir le boyau en cuir des grues d'alimentation des gares. En outre, pour prévoir le cas où la disposition des grues ne permettrait pas ce mode de remplissage direct, on a installé à l'intérieur du fourgon une pompe rotative dont le tuyau d'aspiration peut se prolonger jusque dans un réservoir ou un baquet placé au pied de la grue; le refoulement se fait dans un des réservoirs du wagon et l'approvisionnement d'eau qui est de 1 600 litres peut être renouvelé dans une demi-heure.

Une grande bassine avec casiers d'égouttage est installée pour le nettoyage de la vaisselle ; cette bassine est munie d'un rebord intérieur destiné à empêcher les projections d'eau par le balancement en marche, elle se vide lorsqu'on enlève, au moyen d'une chaîne, le clapet placé au fond. Sous cette bassine, se trouve une boîte pouvant contenir 250 kilogrammes de charbon.

Devant le fourneau de cuisine se trouve une table dont le dessous est aménagé spécialement pour l'égouttage des fioles.

Les casseroles et les plats sont rangés sur des tablettes, les cuillers à tisane et à pot, les fourchettes et autres ustensiles de cuisine sont pendus le long des parois du wagon et fixés de manière à ne pas se balancer et à ne pas produire du bruit pendant la marche.

Une trappe est pratiquée dans le plancher pour l'évacuation des détritus.

Fourgon-Allège de la cuisine (fig. 20, pl. 153). — Ce véhicule comporte trois grands meubles cubant ensemble environ 3,900 m^3 contenant la vaisselle et la verrerie. Les provisions : vins, épiceries, légumes, œufs, sont renfermées dans les tiroirs d'un des meubles pour la commodité de l'aménagement et pour éviter la poussière. Le dessus d'un des meubles forme table pour la préparation des portions.

Dans ce wagon sont aussi installés, une machine à couper le pain, une machine à couper le pain de soupe, un filtre à charbon, système Maignen, et un appareil à glace.

Enfin, on a disposé dans un des angles du wagon un chevalet avec deux couchettes, type de wagons des blessés.

Comme les fourgons de blessés, tous les fourgons spéciaux affectés au personnel ou au service du train sont éclairés par la lanterne applique et la lanterne militaire.

Fourgon pour les provisions (fig. 21, pl. 153). — Ce fourgon est du type des fourgons à vigie et à frein à main. Un tiers est affecté au conducteur, et le reste, fermé par une cloison et une porte dont l'agent comptable responsable a seul la clef, reçoit les meubles ci-après pour l'emmagasinement des denrées.

1° Boucherie. — Armoire à double battant d'une capacité de 1,500 m^3 environ, avec fond en zinc et tuyau sous le plancher pour l'égouttage. Cette armoire est munie d'une toile métallique et garnie à l'intérieur de crochets pour pendre la viande. Une ouverture grillée a été ménagée dans les parois latérales du fourgon pour l'aération.

2° Fruiterie. — Armoire de 1,500 m^3 avec tiroirs dont les devants sont disposés pour permettre l'aération.

3° Epicerie. — Armoire de 1,500 m^3 avec tiroirs clos pour préserver les denrées de la poussière.

4° Vins en bouteilles et liqueurs. — Tiroirs à cases pouvant recevoir 95 bouteilles couchées.

5° Boulangerie. — Deux armoires à double battant grillé, de chacune 0,900 m^3, munies de claies pour recevoir les pains.

Enfin, sous ces trois dernières armoires, un cellier pouvant contenir 6 fûts de vins de 50 litres chacun.

Fourgon à linge sale et à combustible (fig. 22, pl. 153). — Le linge sale est renfermé dans des paniers doublés d'une caisse de zinc mobile et placés sur des casiers installés dans le fourgon à vigie et à frein à main du conducteur d'arrière.

Le nombre des paniers est de soixante.

Deux baquets servent, pendant les stationnements à désinfecter

les linges suspects. Les linges contaminés sont, en vertu du règlement, brûlés dans le foyer de la machine.

Combustible. — La houille est le combustible dont on fera le plus couramment usage. Le coke, le bois et l'anthracite seront employés moins fréquemment.

Il a été décidé que le combustible serait renfermé dans des sacs de 0,25 *m* de diamètre sur 0,70 *m* de hauteur. Ces sacs peuvent contenir, soit 25 kilogrammes de houille, soit 10 kilogrammes de coke ; ils sont fermés par une corde. Outre qu'ils sont facilement transportables, ces sacs ont l'avantage de contenir en houille et en coke un poids de combustible qui est une fraction des poids commerciaux. Ils ont aussi le grand avantage de pouvoir s'arrimer facilement dans les niches à chiens du fourgon qui peuvent ainsi recevoir 55 sacs, soit environ 1 375 kilogrammes de houille lesquels ajoutés aux 250 kilogrammes déposés dans la cuisine, et à l'approvisionnement de deux sacs par fourgon font qu'en hiver, le train pourra porter un approvisionnement général de 2 800 kilogrammes de houille.

On devra d'ailleurs remarquer qu'on aura la facilité de se ravitailler en combustible sur les points mêmes où la locomotive fera son charbon, et, en cas d'urgence, sur le tender même.

Tous ces détails d'installation ont été étudiés par M. Ameline, ingénieur des voitures et wagons de l'Ouest, de concert avec M. Granjux, médecin-major de 1re classe attaché au service de santé, au Ministère de la Guerre.

V

Essai du train sanitaire spécimen.

Le lundi 4 juillet 1887, le train sanitaire permanent fut essayé entre Paris et le Havre. L'aller eut lieu de jour, et le retour de nuit. La marche de ces deux trains spéciaux fut tracée avec une vitesse de 30 à 40 kilomètres à l'heure.

Cet essai eut lieu en présence de M. le Général Mathieu, vice-président de la Commission militaire supérieure des chemins de

fer, représentant le Ministre de la guerre, et sous la haute direction de M. le médecin-inspecteur Baudouin, directeur du service de santé au ministère de la guerre. En outre, des membres de la Commission du budget, du Sénat, de la Chambre des députés, de la Commission militaire supérieure, des comités d'études des différentes Compagnies, de la Section technique du service de santé, des trois Sociétés de la Croix Rouge française, etc..., assistaient à cette expérience à laquelle la Compagnie de l'Ouest était représentée par M. Marin, directeur de la Compagnie, M. Clérault, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction et M. Ameline, Ingénieur des Voitures et Wagons.

Le médecin-major de 1re classe, M. Granjux, fut désigné pour remplir les fonctions de médecin-chef du train ; il fut assisté de MM. Masson, pharmacien-major de 1re classe et Montézuma, officier d'administration adjoint de 1re classe ; 30 infirmiers furent attachés au train ; un détachement de 88 hommes d'infanterie représentait les malades.

Pour pouvoir recevoir les invités, on ajouta au train deux des fourgons de rechange, on retira dans ces deux fourgons et dans deux wagons de blessés les appareils de couchage qui furent remplacés par des chaises et des pliants. Au retour, les chevalets furent remontés et l'on put ainsi constater la rapidité et la facilité de l'aménagement. Pour se rapprocher le plus possible de la réalité, une salle d'attente de la gare Saint-Lazare fut considérée comme appartenant à l'hôpital d'évacuation, et les infirmiers y portèrent les brancards-couchettes. C'est dans cette salle d'attente que les malades se sont déshabillés et couchés dans les couchettes ; c'est de là qu'ils furent portés dans les wagons, distants en moyenne de 50 mètres.

Une partie des infirmiers étant employée au chargement des vivres et provisions, les autres furent formés en équipes de 4 hommes ayant chacune 2 wagons de blessés à charger. Néanmoins cette opération ne dura que trois quarts d'heure, y compris l'apport des couchettes vides et le temps nécessaire aux malades pour se dévêtir et se coucher. Le chargement des malades s'effectua de la manière suivante :

Chargement. — Quatre infirmiers sont nécessaires pour le char-

gement et le déchargement ; deux se placent à la tête et deux aux pieds.

Le lit-brancard est déposé à quelques pas du wagon et placé perpendiculairement à la porte, la tête étant en avant.

Au commandement de : *attention*, les brancardiers se baissent et saisissent des deux mains les poignées en corde des hampes.

Au commandement de : *enlevez*, ils se relèvent et soulèvent avec ensemble le lit-brancard à la hauteur de la porte. Les deux infirmiers de tête posent les deux hampes sur le plancher du wagon et montent rapidement dans le wagon par les deux espaces restés libres de chaque côté du brancard. Pendant ce temps très court, les deux infirmiers de pied maintiennent le lit horizontalement en mettant la hampe sur l'épaule.

Au commandement de : *poussez*, ces deux infirmiers, aidés des deux infirmiers de tête font glisser le brancard dans l'intérieur du wagon en le dirigeant obliquement vers le chevalet qui doit le recevoir, puis ils montent à leur tour dans le wagon.

Au commandement de : *enlevez*, chaque brancardier saisit l'extrémité de la hampe qui lui correspond et soulève le lit. A ce moment, le brancardier de tête qui est le plus rapproché du chevalet profite de l'espace laissé libre entre le brancard et le chevalet pour passer rapidement à la tête du lit-brancard où se trouve déjà l'autre brancardier de tête.

Au commandement de : *marche*, les infirmiers amènent le brancard le long du chevalet de telle façon que les échancrures des hampes soient en face des tringles en fer du chevalet.

Au commandement de : *posez*, le brancard est déposé sur le plancher du wagon, et les brancardiers de tête se retournent pour faire face aux brancardiers de pied.

Au commandement de : *enlevez*, les quatre infirmiers soulèvent le brancard jusqu'à la hauteur du plan supérieur du chevalet ; les deux infirmiers qui se trouvent du côté du chevalet engagent l'échancrure de la hampe sur les tringles en fer et les deux autres le font glisser en poussant jusqu'au moment où l'échancrure de la deuxième hampe est engagée sur les supports en fer.

Pour le chargement aussi bien que pour le déchargement, la porte de bout du wagon doit être ouverte. On commence le char-

gement par le plan supérieur du chevalet ; on fait l'inverse pour le déchargement.

Déchargement. — Deux infirmiers se placent à la tête et deux aux pieds.

Un des infirmiers de tête et un infirmier de pied dégagent les hampes du devant en les soulevant légèrement.

Au commandement de : *tirez*, ils amènent le brancard en le faisant glisser sur le support, aussitôt les deux autres infirmiers saisissent la deuxième hampe en s'aidant des poignées ; les infirmiers soulèvent le brancard.

Au commandement de : *marche*, ils apportent le brancard et le placent perpendiculairement à la portière, les pieds étant aussi près que possible du bord de cette ouverture.

Au commandement de : *posez*, le brancard est déposé sur le plancher du wagon. Aussitôt les deux infirmiers de pied descendent rapidement.

Au commandement de : *tirez*, ils saisissent chacun une hampe et amènent le lit-brancard jusqu'au point où les extrémités des hampes de tête reposent sur le seuil ; ils l'appuient sur leurs épaules pour le maintenir horizontalement pendant que les deux infirmiers de tête descendent.

Aussitôt à terre, ces deux infirmiers reprennent les hampes de tête, et au commandement de : *enlevez*, le lit-brancard est enlevé puis porté à destination au moyen des commandements habituels.

Pendant que l'on chargeait les malades, le feu fut allumé à la cuisine et pendant la route on prépara le déjeuner. L'expérience démontra la bonne installation de la cuisine et la possibilité d'assurer l'alimentation pendant la marche.

De même, il fut constaté que la distribution des aliments et leur consommation pouvait se faire pendant la marche ; toutefois il semble que les potages doivent de préférence être pris pendant les arrêts. Les invités déjeunèrent sur des tables en X et malgré cette installation de fortune, la vaisselle, les bouteilles, n'étaient pas plus remuées que dans les wagons-restaurants qui circulent sur plusieurs lignes de chemins de fer, ce qui permet de se rendre compte de la bonne suspension des voitures du train sanitaire.

Du reste, si nous ne voulions éviter toute appréciation person-

nelle, nous dirions qu'à notre avis ces véhicules possèdent la suspension d'une bonne voiture de voyageurs et que les personnes placées dans les couchettes sont dans des conditions analogues à celles où se trouvent les voyageurs couchés sur des banquettes de voitures de 1re classe.

L'espace laissé libre entre les cadres est suffisant pour permettre au personnel de donner aux malades les soins nécessaires; des essais faits en route, il résulte que pendant la marche on peut pratiquer un pansement et arrêter une hémorrhagie par un appareil de compression; les opérations plus délicates, telles qu'une ligature, semblent devoir être pratiquées seulement pendant les arrêts.

Le jour de l'expérience, la température était extrêmement élevée et le thermomètre marquait 28 degrés à l'ombre; cet excès de chaleur a permis de constater que l'aérage se fait dans les fourgons dans de très bonnes conditions, tant au point de vue du renouvellement de l'air que de sa distribution.

Depuis, des expériences comparatives ont été faites entre une voiture de 1re classe et un des fourgons du train sanitaire au repos à la gare Saint-Lazare, placés dans les mêmes conditions, et ont permis de constater dans a voiture de 1re classe une température supérieure de 4 degrés.

L'éclairage obtenu par les châssis des portes et par le lanterneau est très suffisant, et la nuit les lampes fournissent une lumière qui peut non seulement permettre une circulation facile entre les véhicules du train, mais encore de donner aux malades les soins médicaux.

Résumé. — En résumé, l'organisation du train sanitaire no 1 Ouest, arrêté par la Commission militaire supérieure des chemins de fer, après une longue étude, de nombreux essais comparés des principaux systèmes employés ou proposés, tant en France qu'à l'étranger, pour le transport des blessés et des malades, réalise un progrès important sur tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour.

Le voyage d'essai du 4 juillet nous semble avoir démontré le caractère pratique du train sanitaire no 1, la possibilité d'assurer le service même pendant la marche, et de placer les malades dans des conditions analogues à celles où se trouvent les voyageurs de 1re classe. Les trépidations de la marche et les mouvements du train ne sont pas, il est vrai, annihilés, mais ce serait, à notre

avis, une illusion de croire qu'un système, quelque bonnes que soient la construction et la suspension des véhicules, puisse produire ce résultat.

En outre, le système adopté est le plus économique, car il permet d'utiliser en temps normal pour le service du transport des marchandises le matériel du train.

NOTE

SUR

L'EXPLOITATION PAR L'ÉTAT

DES

CHEMINS DE FER EN AUTRICHE

PAR

M. A. KRAMER

INGÉNIEUR, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

L'administration des chemins de fer de l'Etat autrichien vient de publier le résumé de son exploitation en 1885, auquel nous empruntons les renseignements suivants :

On sait que l'Autriche suit en ce moment le système mixte d'exploitation, par l'Etat et les Compagnies. A la fin de 1885, le réseau des chemins de fer de l'empire d'Autriche (non compris la Hongrie) s'est élevé à 14 032 kilomètres, dont 5 189,903 exploités par l'Etat et 8 842,097 par les Compagnies. C'est depuis 1880 que l'Etat a commencé à racheter les réseaux d'un certain nombre de Compagnies, et avec les nouvelles lignes qu'il a construites depuis, notamment la ligne de l'Arlberg et le chemin de fer transversal de la Galicie, il a formé un réseau de chemin de fer puissant et très considérable, au moyen duquel il exerce maintenant une influence décisive sur tous les tarifs de chemins de fer en Autriche.

Les lignes appartenant à l'Etat autrichien sont les suivantes :

1. Ligne principale de Vienne à Bregenz (frontière de Suisse).

avec embranchements.	1 430,624	*km*
2. Ligne principale de Vienne à Passau (frontière de Bavière) par Wels . . . . . (Vienne-Wels compris dans la route 1).	80,932	—
3. Ligne principale de Vienne à Simbach (frontière de Bavière) par Wels . . . . . (Vienne-Wels compris dans la route 1).	58,012	—
4. Ligne principale de Vienne à Eger, par Gmünd (frontière de Bavière par la Bohême) avec embranchements.	694,320	—
5. Ligne principale de Vienne à Gmünd, Prague, Dux, Bodenbach (frontière de Saxe) avec embranchements.	459,730	—
6. Bodenbach, Dux, Obernitz, Pilsen, Eisenstein (lignes de Bohême) avec embranchements.	234,506	—
7. Eger-Pilsen, et Bodenbach-Prague-Budweis-Pontafel (ligne allant de la frontière de Saxe à la frontière d'Italie) avec embranchements	792,104	—
8. Sternberg-Lichtenau avec embranchements (lignes de Moravie).	112,045	—
9. Zwardon-Husiatyn avec embranchements (lignes de Galicie)	1 191.389	—
10. Lignes d'Istrie	143,421	—
11. Lignes de Dalmatie.	104,865	—
Formant un total de.	5 189,903	*km*

Les recettes brutes de l'ensemble du réseau ont été en 1885 de 42 814 573,08 florins (le florin vaut 2 francs environ), non compris 2 408 509 florins pour transports de « régie » qui ne sont pas comptés dans les recettes. L'augmentation est de 1 million 811 649,11 florins relativement à 1884; l'accroissement du réseau est de 549,8 kilomètres dont les recettes ont été de 1 million 296 300,46 florins, de sorte qu'il résulte une augmentation de trafic de 515 348,65 florins.

Les dépenses ont été de 26 268 254,32 florins, se subdivisant comme il suit :

Administration centrale	Fl.	637 788,33
Surveillance et entretien de la voie.		7 734 846,36
Mouvement et service commercial		9 890 642,60
Matériel et traction		8 004 977,03
Total. . . .	Fl.	26 268 254,32

Le rapport officiel fait ressortir que si l'on considère que tous les chemins de fer autrichiens ont eu des moins-values en 1885, dues à la crise économique et à la stagnation générale des affaires, ce résultat doit être considéré comme d'autant plus satisfaisant que les abaissements de tarifs, inaugurés en Autriche par les chemins de fer de 'Etat, ont été appliqués également aux chemins de Bohême, qui ne faisaient partie du réseau de l'Etat que depuis un an, et pour lesquels l'accroissement proportionnel du trafic et des recettes n'a pu avoir lieu dès la première année.

Le trafic des voyageurs a augmenté de 1 879 969 personnes (11,66 0/0), les recettes de 792 278,28 florins (7,27 0/0), le trafic des marchandises à grande vitesse de 16 544 tonnes (15,32 0/0), les recettes de 39 273,09 florins (3,16 0/0), le trafic des marchandises à petite vitesse de 622 145 tonnes (6,28 0/0), les recettes de 2 354 618,60 florins (8,51 0/0). Les recettes brutes du trafic ont augmenté de 3 186 169,97 florins (8,01 0/0), les recettes nettes de 1 811 649,11 florins (4,42 0/0). Les dépenses d'exploitation ont augmenté de 393 483,42 florins (1,45 0/0). Le coefficient d'exploitation a été de 61,35 0/0 en 1885 et de 59,28 0/0 en 1884.

Tandis que les lignes de l'ouest ont donné une recette nette de 12 573 576 florins (3,09 0/0 du capital de la construction), celles de la Compagnie rachetée « Kronprinz-Rudolf » une recette nette de 1 666 243 florins (1,05 0/0), l'exploitation des autres lignes de l'Etat, notamment de celles en Galicie, Istrie, Dalmatie, Voralberg et Moravie s'est soldée par un déficit total de 1 206 261 florins.

En résumé, le réseau total de l'Etat autrichien, y compris les Compagnies jouissant d'une garantie d'intérêt et exploitées par l'Etat, a donné une recette nette de 13,033,588 florins, ce

qui fait 1,87 0/0 du capital de premier établissement, qui est de 695 178 421 florins.

En présence de ces résultats et des discussions nombreuses auxquelles donne lieu l'exploitation des chemins de fer par l'Etat, l'administration des chemins de fer de l'Etat autrichien, fonctionnant maintenant depuis cinq ans, croit devoir répondre aux questions diverses qui se posent tout naturellement et pour lesquelles les données comparatives existent déjà en grande partie. Ces questions sont les suivantes :

1. L'administration des chemins de fer de l'Etat autrichien est-elle plus chère ou plus économique que celle des grandes Compagnies existant encore en Autriche ?

2. L'administration par l'Etat des lignes faisant partie de son réseau est-elle plus chère que l'administration des anciennes Compagnies rachetées ?

3. L'abaissement des tarifs a-t-il produit un résultat défavorable sur les recettes ?

4. Quelles ont été les moins-values à combler par l'Etat dans les années 1881-1885 (exploitation par l'Etat) comparées à 1880 (exploitation par les Compagnies) ?

1. Pour répondre à la première question, l'administration des chemins de fer de l'Etat compare les dépenses d'exploitation de son réseau à celles des principales Compagnies autrichiennes, en répartissant ces dépenses par kilomètre de voie, de train, d'essieu et de tonne brute. En prenant pour base l'année 1885, on a, d'après les derniers comptes rendus :

Dépenses d'exploitation

	PAR KILOMÈTRE DE VOIE	PAR KILOMÈTRE DE TRAIN	PAR KILOMÈTRE D'ESSIEU	POUR 1 000 TONNES KILOMÈTRES
	Fl.	Fl.	Kr.	Fl.
Chemin de fer du Sud . . .	7 317,84	1 005	2,5	5,12
— du Nord-Ouest, lignes garanties.	5 813,95	1 058	3,2	6,07
Société austro-hongroise des chemins de fer de l'Etat, réseau autrichien, anciennes lignes	7 379,73	1 122	—	4,63
Chemin de fer du Nord. . .	12 853,95	1 490	2,3	4,29
— Charles-Louis.	6 473,49	1 486	2,8	5,14
— Lemberg-Czernowitz — Jassy.	6 458,69	1 758	4,2	8,08
Chemins de fer de l'État autrichien, ensemble du réseau	5 115,34	1 012	3,3	6,22

Il résulte de ce tableau que les dépenses par kilomètre de voie sont les moindres aux chemins de fer exploités par l'Etat. Les dépenses par kilomètre de train sont inférieures à celles de toutes les Compagnies, excepté le chemin de fer du Sud avec lequel il y a égalité presque complète. Enfin ces dépenses sont supérieures par kilomètre d'essieu et par tonne-kilomètre aux autres chemins de fer (excepté Lemberg-Czernowitz-Jassy), ce qui résulte principalement de l'exploitation difficile et coûteuse des lignes de montagne. (Les lignes de montagne difficiles — rampes supérieures à 10 *mm* par mètre — font 21,5 0/0 du réseau des chemins de fer de l'Etat, tandis qu'elles ne font que 11,1 0/0 pour le chemin de fer du Sud qui a également des lignes très accidentées.)

2. Pour avoir une base de comparaison relativement à la deuxième question, le rapport fait ressortir qu'une comparaison du coefficient d'exploitation des divers chemins de fer autrichiens conduirait à des conclusions tout à fait fausses, à cause des différences considérables des recettes kilométriques. (Chemin de fer du Sud, 18 234,87 florins; chemin de fer Nord-Ouest, lignes ga-

ranties, 12 123,45 florins; Société austro-hongroise des chemins de fer de l'Etat, ancien réseau, 18 283,99 florins; chemin de fer du Nord, 31 259,59 florins ; chemin de fer Charles-Louis, 11 688,50 florins ; chemin de fer Lemberg-Czernowitz-Jassy, 8 298 22 florins; chemin de fer de l'Etat, ensemble du réseau, 8 337,49 florins.

En comparant les résultats financiers de l'année 1885 à ceux de l'année 1880 qui a précédé le rachat, on trouve pour 1880 une recette nette de 10 662 858 florins, et pour 1885 une recette nette de 12 158 704 florins. Il est vrai que le réseau formant la base de comparaison s'est accru de 895 kilomètres de 1880 jusqu'à 1885. Mais, si on considère que cet accroissement résulte principalement du chemin fer de l'Arlberg dont les recettes nettes sont peu élevées à cause des difficultés d'exploitation et des chemins de Galicie dont les dépenses d'exploitation excèdent les recettes brutes, les résultats atteints, d'après le rapport, doivent être considérés comme assez satisfaisants.

3. En ce qui concerne les tarifs, le rapport mentionne d'abord que l'administration à unifié les tarifs de tous les chemins de fer de son réseau, appartenant autrefois à vingt-quatre Compagnies qui avaient des actes de concession et des tarifs différents. L'administration de l'Etat a, en outre, abaissé les tarifs d'une manière générale, en portant son attention spéciale sur le développement du trafic local. Malgré la stagnation des affaires, la diminution considérable de l'exportation de l'Autriche-Hongrie et les moins-values de presque tous les chemins de fer autrichiens, les recettes du réseau de l'Etat ont constamment augmenté. En comparant l'année 1881, qui a précédé l'application des nouveaux tarifs, aux années suivantes (déduction faite des lignes nouvelles et des lignes Prague-Dux et Dux-Bodenbach où il n'y a pas eu de diminution de tarifs), on trouve, pour le service des marchandises aussi bien que pour celui des voyageurs, une augmentation constante des quantités et des recettes. Cette augmentation a été pour les marchandises : en 1882, de 3 434 630 florins (16,28 0/0); en 1883, de 3 212 684 florins (15,22 0/0); en 1884, de 2 616 954 florins (12,40 0/0) et en 1885, de 2 906 651 florins (14,22 0/0).

Les tarifs de voyageurs ont été abaissés de 12,7 0/0 pour les trains express et de 16,1 0/0 pour les trains de voyageurs. En

outre, on a fait profiter toutes les stations des billets d'aller et retour et des cartes d'abonnements. Par ces abaissements on a atteint le niveau des tarifs de voyageurs en Allemagne. On n'a pas augmenté en même temps le nombre des trains, pour ne pas augmenter les dépenses; d'ailleurs, le rapport entre les places occupées et l'ensemble des places disponibles des trains n'a été en moyenne que de 21 à 25 0/0. On croit avoir atteint en partie le but qu'on s'est proposé, car le nombre des voyageurs a augmenté, en comparant toujours les années suivantes à l'année 1881, qui a précédé l'abaissement des tarifs, et en déduisant les accroissements du réseau et les chemins de fer Prague-Dux et Dux-Bodenbach, qui ont conservé leurs tarifs : en 1882, de 1 443 026; en 1883, de 3 180 658; en 1884, de 6 298 307 et en 1885, de 7 597 265 personnes. Les recettes des voyageurs ont diminué, en 1882, de 23 800 florins (0,40 0/0); en 1883, elles ont augmenté de 275 741 florins (4,66 0/0); en 1884, de 861 037 florins (9,32 0/0); en 1885, de 1 189 839 florins (12,86 0/0).

Le rapport officiel conclut que ces résultats, atteints dans une période de ralentissement général des affaires et sans augmentation du nombre des trains, sont très concluants en faveur d'un abaissement des tarifs des voyageurs, et que l'application des tarifs des chemins de fer de l'État a augmenté les recettes des voyageurs aussi bien que celles des marchandises. Néanmoins, en présence des recettes nettes si faibles d'un aussi grand réseau, on discute beaucoup, en ce moment, un relèvement des tarifs qui est probable et qui, en partie, a déjà eu lieu.

4. En ce qui concerne la quatrième question, si la moins-value à combler par suite de la garantie d'intérêt a diminué ou augmenté par le rachat, le rapport compare l'année 1880 qui a précédé le rachat, et pendant laquelle la garantie d'intérêt était encore en vigueur pour toutes les lignes faisant aujourd'hui partie du réseau de l'Etat, aux années 1881-1885. Après déduction des lignes construites depuis 1880, il résulte que les charges de l'Etat ont diminué en

1881	de.	Fl.	260 753
1882	de.		2 348 929
1883	de.		1 211 731
	Total. .	Fl.	3 821 413

. et qu'elles ont augmenté en

1884	de.	Fl.	655
1885	de.		1 238 591
	Total. .	Fl.	1 239 246

ce qui fait au total, pour les années 1881-1885, une diminution de charges de 2 582 167 florins. Pour faire exactement le compte, il faut déduire de cette somme les différents impôts que les anciennes Compagnies rachetées auraient payés à l'Etat pendant cette période de cinq ans, soit un total de 1 919 728 florins, de sorte que la diminution des charges de l'Etat n'est en somme que de 662 439 florins.

Il paraît cependant que ces chiffres sont encore susceptibles de modifications, car le Ministre des finances vient de demander un crédit supplémentaire d'environ six millions de florins pour excédents de dépenses des chemins de l'Etat pendant les dernières années. Le Parlement autrichien a accueilli cette demande imprévue de crédit avec avec un vif mécontentement, et il a spontanément accordé au Ministre des finances le droit de contrôle pour toutes les dépenses des chemins de fer de l'Etat, avant qu'elles soient définitivement arrêtées. De cette manière, l'organisation du service, déjà assez compliquée, devient de plus en plus difficile.

En résumé, le rapport exprime l'avis que la comparaison de l'administration actuelle avec les anciennes administrations n'est nullement au désavantage des chemins de fer de l'Etat ; que les nouveaux tarifs ont augmenté le trafic aussi bien que les recettes, et que les charges de l'Etat ont été moindres qu'elles auraient été avec l'ancien système. Enfin, cette période ayant été une période de transition et les effets de l'administration réunie de tant de chemins de fer divers ne pouvant se produire qu'avec le temps, le rapport conclut que les résultats atteints doivent être considérés comme satisfaisants et exprime l'espoir qu'à l'avenir ils seront encore meilleurs.

Sans vouloir discuter les conclusions du rapport officiel, qui s'appuie d'ailleurs sur des bases réelles et des espérances dont l'avenir seul sera juge, nous dirons seulement que la question d'exploitation par l'Etat ou par les Compagnies n'est nullement décidée encore ni en Autriche ni en Hongrie. Si l'Etat a racheté en Autriche

un certain nombre de chemins de fer, c'est que l'exemple de l'Allemagne n'y a pas été tout à fait étranger. En Hongrie, le rachat s'est opéré principalement pour briser la résistance des grandes compagnies étrangères qui ne voulaient pas tenir compte des intérêts de la Hongrie dans l'établissement de leurs tarifs, de sorte que le gouvernement hongrois s'est décidé à racheter un certain nombre de lignes et à construire des lignes parallèles pour former un réseau à lui et pour avoir un puissant instrument de lutte contre ces Compagnies. Le réseau de l'Etat hongrois s'élève aujourd'hui à plus de 5 000 kilomètres. Enfin, dans les deux pays, les gouvernements ont tenu à avoir la haute main sur les tarifs de chemins de fer, devenus de plus en plus une question économique de la plus haute importance. Il faut ajouter encore que les anciennes Compagnies rachetées, qui avaient presque toutes une garantie d'intérêt, y ont largement puisé sans tenir suffisamment compte des intérêts de l'Etat. Il y avait (et il y a encore, surtout en Hongrie) des petites Compagnies de 400 à 600 kilomètres à voie unique organisées sur le même modèle que les grandes, avec un conseil d'administration, de nombreux directeurs et fonctionnaires supérieurs largement rémunérés, en un mot avec un service central suffisant pour diriger l'exploitation d'un réseau de 2 000 à 3 000 kilomètres.

Or, comme l'Etat, ayant garanti les intérêts du capital de premier établissement, avait à combler le déficit d'exploitation, les Compagnies ont généralement construit et exploité trop cher. Dans ces conditions l'Etat a préféré exploiter lui-même pour son compte, en espérant surtout obtenir une grande économie par la réunion d'un grand nombre d'administrations centrales.

Il est possible que ces espérances se réaliseront, cependant il faut en douter, si on considère le grand nombre des directions et d'inspections locales, qui ont plutôt la tendance d'absorber beaucoup de personnel.

Beaucoup de personnes en Autriche, surtout celles qui profitent des abaissements des tarifs et les adversaires par principe de tout monopole privé, se montrent très satisfaits de l'exploitation par l'Etat. Cependant si ces abaissements de tarifs ont profité à une partie du public, elles ont considérablement diminué les recettes de presque toutes les Compagnies privées qui ont dû suivre la même

voie, et cela dans un temps de crise universelle. De sorte que non seulement les revenus des actionnaires ont été diminués, mais encore les charges des contribuables augmentées par l'accroissement de la garantie d'intérêt de l'Etat.

Or, quels que soient les égards dus aux actionnaires des chemins de fer privés, que ces actionnaires restent à l'étranger ou dans le pays, il faudrait peut-être ne pas oublier que l'Autriche-Hongrie a encore grandement besoin de compléter son réseau de chemin de fer, et que les ressources de l'Etat, qui lutte dans les deux parties de l'empire austro-hongrois avec un déficit de plus en plus grand, y seraient absolument insuffisantes. Dans ces conditions, une politique de chemin de fer, devant décourager les actionnaires des Compagnies existantes encore, est en tout cas fort discutable.

Nous ajouterons quelques mots sur le système d'administration des chemins de fer de l'Etat en Autriche. Après divers tâtonnements on a adopté un système d'administration qui tient le milieu entre le système français de centralisation et le système allemand de décentralisation, c'est-à-dire une direction générale et des directions locales. La direction générale est à Vienne, elle se compose de quatre divisions : I. Affaires du Conseil, contentieux, etc. II. Construction et entretien de la voie. III. Mouvement, traction et matériel. IV. Service administratif et commercial. A cette direction générale sont subordonnées neuf directions d'exploitation chargées chacune du service d'un réseau de 500 à 700 kilomètres.

Ces directions locales sont à Vienne, Linz, Innsprück, Villach, Prague, Pilsen, Budweis, Cracovie et Lemberg. La politique n'a pas été tout à fait étrangère au choix de ces villes, et on a dû faire certaines concessions aux diverses nationalités formant l'empire d'Autriche, notamment aux Polonais de Galicie. Heureusement que ces concessions ne sont pas encore allé jusqu'à adopter les langues des diverses provinces pour le service des directions locales, comme cela a été demandé à différentes reprises par quelques députés du Reichsrath. Le service qui, jusqu'ici, a bien fonctionné, grâce surtout au personnel expérimenté des anciennes compagnies qui a été repris presque en entier, n'en aurait certainement pas profité.

En dehors de ces directions locales, il y a des inspections d'exploitation à Pola et à Spalato pour des tronçons de lignes séparés,

une inspection de navigation à Bregenz pour le service sur le lac de Constance, service complétant la ligne de l'Arlberg qui se prolonge de cette manière jusque dans l'intérieur de la Suisse et de l'Allemagne, — et plusieurs inspections de travaux pour les lignes en construction.

Le personnel des chemins de fer de l'Etat était à la fin de 1885 au nombre de 12 750, dont 3 515 employés, 1 444 sous-employés, 4 146 agents divers et 3 642 gardes. Les agents désignés par employés ont généralement fait des études dans les lycées et écoles techniques, les sous-employés sont la catégorie la plus intelligente du personnel inférieur, mécaniciens, chefs de train, etc.

Les traitements des employés varient de 500 à 7 000 florins par an (1 000 à 14 000 francs) plus une indemnité de logement proportionnelle ou un logement. En dehors de cette indemnité qui est générale il y a une « indemnité de fonctions » pour certaines catégories d'employés; 3,33 0/0 des employés seulement ont des traitements de 7 000 à 2 200 florins, 96,67 0/0 ont des traitements inférieurs à 2 200 florins.

Les traitements des « sous-employés » varient de 500 à 1 200 florins, ceux des agents de 300 à 550 florins par an, plus l'indemnité de logement. Les gardes reçoivent de 24 à 28 florins par mois. En 1885, les dépenses du personnel ont été de 16 680 424,27 florins.

L'Etat a repris, avec les employés des anciennes Compagnies, les divers fonds de pensions, de secours, de maladies, etc., qui, réunis maintenant, forment un actif de 7 937 662,20 florins.

Matériel roulant. — A la fin de 1885, les chemins de fer de l'Etat avaient 890 locomotives, 754 tenders, 56 charrues à neige, 2 366 voitures à voyageurs, 89 voitures ambulantes pour la poste et 18 014 wagons de marchandises.

COMMUNICATION

SUR

LES VOIES MÉTALLIQUES

Par M. BERNARD

INÉGNIEUR DE LA VOIE A LA COMPAGNIE DU NORD

Le problème de la voie entièrement métallique est posé depuis longtemps et cependant il est loin d'être résolu. Cela tient à ce que, jusqu'à présent, on s'est contenté de faire des essais pratiques, sans se guider, dans ces essais, par le raisonnement. On a cherché simplement à faire une traverse métallique ne coûtant pas plus cher qu'une traverse ordinaire en bois, et l'on ne s'est aucunement préoccupé de sa résistance, des dépenses d'entretien auxquelles elle pouvait donner lieu, et des modifications avantageuses que la substitution du métal au bois peut permettre d'apporter à la forme du rail et à l'espacement des traverses.

Depuis longtemps déjà, et à plusieurs reprises, l'Administration des chemins de fer de l'Etat belge a fait des essais importants de traverses métalliques. Je tiens à rendre hommage, à cette occasion, à l'initiative tenace et intelligente de cette Administration, initiative qui aura fait faire à la question un grand pas en avant. Grâce à ces essais que j'ai suivis de près, grâce aux observations pratiques que j'y ai recueillies, j'ai pu établir une théorie que je vais résumer

dans cette note. Déjà les idées, qui composent cette théorie, ont été exposées par moi dans trois brochures éditées en 1883 et en 1886, et portant pour titres, la première : *Moyen d'améliorer les voies ferrées et de résoudre le problème de la voie entièrement métallique*, la seconde : *Etude comparative de la traverse ordinaire en bois et des traverses métalliques les plus connues*, la troisième : *Moyen d'établir une voie économique avec un rail surhaussé et traverses métalliques*. Ces brochures se trouvent dans la bibliothèque de la Société où on peut les consulter.

La résistance de la traverse métallique est évidemment le premier point à étudier : Supposons une voie ordinaire avec traverses en bois et un essieu pesant 15 tonnes, posé au-dessus d'une traverse ayant 2,50 *m* de longueur, 0,25 *m* de largeur, et 0,12 à 0,13 *m* d'épaisseur. On admet généralement que la charge de chaque roue se répartit sur le ballast depuis l'extrémité de la traverse jusqu'à 0,50 *m* du rail à l'intérieur de la voie, soit sur une longueur de 1 mètre. Il résulte de là une pression, sur le ballast, de 3 *kg* au centimètre carré, et si l'on calcule le travail moléculaire auquel est soumis le bois qui constitue la traverse, on trouve 1,767 *kg* par milimètre carré, c'est-à-dire plus du double de la charge que l'on peut faire supporter au bois avec sécurité. Cette anomalie s'explique : 1° parce que le rail reporte une partie du poids sur les deux traverses adjacentes; 2° parce que le bois, qui constitue la traverse, ayant une grande flexibilité, la pression transmise au ballast est beaucoup plus grande en dessous du rail, et diminue rapidement à mesure qu'on s'en éloigne. Cette dernière condition, avantageuse pour la résistance de la traverse, est désavantageuse, au contraire, au point de vue de l'entretien, car elle donne lieu, sous le rail, à une pression de la traverse sur le ballast qu'il est difficile de mesurer, mais qui doit dépasser notablement 3 *kg* par centimètre carré.

Si l'on applique le même calcul aux traverses métalliques du système Vautherin, les plus employées jusqu'à ce jour, on trouve que le métal, dans ces traverses, travaille dans des limites comprises entre 25 et 36 *kg* au millimètre carré. Ce travail est considérable et varie entre 4 fois et 6 fois le travail que l'on peut faire supporter par le fer avec sécurité, et cependant nous sommes là dans des conditions moins avantageuses qu'avec la traverse en bois,

car si le rail reporte encore une partie de la pression sur les deux traverses adjacentes, il faut reconnaître que, le métal étant plus rigide que le bois, la pression de la traverse sur le ballast est plus uniforme. Cette dernière condition est plus avantageuse pour la stabilité de la voie, mais c'est aux dépens de la résistance de la traverse. Aussi toutes ces traverses n'ont-elles duré que six à huit ans dans les voies à grande circulation. Toutes ont succombé faute de résistance suffisante. On voit cependant un assez grand nombre de traverses de cette espèce résister assez bien depuis une quinzaine d'années sur les chemins de fer algériens de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée. Mais ce sont là des lignes à circulation bien moins grande et bien moins rapide que les grandes lignes de France et de Belgique.

L'Administration des chemins de fer de l'Etat belge essaya, en même temps que la traverse Vautherin, la traverse de Soignies, dans laquelle le travail du métal était exorbitant. Je ne mentionne cette dernière traverse que pour mémoire ; au bout d'un an, elle disparut des voies.

La traverse Post pèse 54 *kg*, y compris les attaches ; le métal, dans cette traverse, travaille à raison de 28 *kg* par millimètre carré. Mais cette traverse est en acier ; elle est donc dans des conditions plus avantageuses que les traverses Vautherin précitées. Elle est employée sur les chemins de fer néerlandais et en Allemagne, depuis un certain nombre d'années déjà, mais l'expérience n'est pas encore bien longue et la circulation, sur ces chemins, n'est pas, du reste, très considérable, ni très rapide. On peut évidemment avoir des doutes sur sa résistance. L'Administration des chemins de fer de l'Etat belge pensa ainsi lorsque, il y a un an, elle se décida à faire un essai de ces traverses. Elle porta leur poids à 79 *kg*, y compris les attaches. Ainsi renforcé, l'acier qui constitue ces traverses, travaille à raison de 19 *kg* par millimètre carré. Dans la traverse Braedt, qui n'est qu'une variante de la traverse Post et qui, il y a un an, a été mise également à l'essai par cette Administration, l'acier travaille à raison de 14 *kg* Ces deux traverses présentent donc des conditions de solidité beaucoup plus grandes que toutes les traverses essayées jusqu'à ce jour.

Quel est le travail que l'on peut faire subir avec sécurité à une traverse métallique ? Si, prenant pour exemple la traverse en

bois, on admettait, pour le fer et pour l'acier, deux fois et demie le travail que l'on admet d'habitude pour ces métaux, on trouverait, pour le premier, 15 *kg* et, pour le second, 22 *kg*. Mais si l'on tient compte de cette considération citée plus haut, que dans la traverse métallique la charge se répartit plus uniformément sur toute la surface d'assise que dans la traverse en bois, il est prudent de ne pas faire travailler le fer à plus de 8 à 10 *kg*, et l'acier à plus de 12 à 14 *kg* par millimètre carré.

Quand une voie est posée et en service, on doit la maintenir en bon état. Les travaux à faire pour arriver à ce résultat peuvent se décomposer en deux parties : 1° remplacement des rails, des traverses et du ballast ; 2° relèvement de la voie, en profil, et bourrage, son redressement en plan, dégarnissage et regarnissage du ballast.

Comme, dans toutes espèces de voie, il y a lieu de remplacer les matériaux en usage, nous ne nous occuperons que de la deuxième partie des travaux précités, qui constituent l'entretien proprement dit, en faisant toutefois remarquer que cette manière de faire est avantageuse pour la voie sur traverses en bois, car le bois présentant des qualités très variables, on est forcé, dès les premières années de pose, de remplacer déjà un assez grand nombre de traverses, d'où nécessité de faire des remplacements en recherche plus onéreux. Tandis que le métal étant d'une constitution plus homogène, on pourra remplacer les traverses métalliques en masse, lorsqu'elles seront arrivées à leur limite de durée.

Ainsi limitée, la question d'entretien est néanmoins très importante : sur une voie à faible trafic la dépense de relèvement, bourrage et dressement en plan, peut être évaluée à 0,30 *f* par mètre courant et par an, et cette dépense peut monter jusqu'à 0,50 *f* et 0,60 *f* pour une voie à grande circulation. Si l'on peut augmenter la stabilité de la voie, de manière à réduire les dépenses de moitié, on fera, pour une ligne à grande circulation, une économie annuelle de 0,30 *f* par mètre courant, ce qui correspond à un capital de 6,000 francs par kilomètre de voie, c'est-à-dire presque au tiers de la valeur de premier établissement.

Pour se rendre compte des moyens à employer pour arriver à ce résultat, il faut examiner les actions exercées sur la voie par le passage d'un train : supposons un certain nombre de traverses con-

sécutives dans lesquelles la première A et la dernière B sont restées sensiblement à leur niveau primitif, tandis que les traverses intermédiaires sont descendues plus profondément dans le ballast. A l'état de repos, si l'espace entre les traverses A et B est peu considérable, le rail tiendra suspendues les traverses intermédiaires au-dessus du logement plus profond qu'elles ont pratiqué au-dessous d'elles. Le premier essieu de la machine arrivant tout à coup sur ce point, le rail fléchira, les traverses intermédiaires viendront s'appuyer sur le ballast et en avant de la traverse B, restée fixe, la voie, rails et traverses, se soulèvera sur une certaine longueur, jusqu'à ce qu'il y ait équilibre, puis le premier essieu de la machine dépassant la traverse B, la voie, au delà de cette traverse, se rabattra sur le sol, en produisant un mouvement ondulatoire et des vibrations se succédant devant la machine. Il en est de même à l'arrière du train et entre les véhicules, mais, dans ce dernier cas, ces mouvements sont beaucoup plus restreints. C'est évidemment à l'action directe des poids qui agissent sur les traverses qu'est due la déformation de la voie en profil. Le maximum de cette action a lieu lorsqu'un essieu est au-dessus d'une traverse. Pour diminuer l'influence de cette action, toutes choses restant égales d'ailleurs, il suffit d'agrandir la surface d'assise de la traverse sur le ballast. Il est difficile de bourrer une traverse de 0,20 *m* à 0,22 *m* de largeur seulement ; quand on bourre une traverse de cette largeur le ballast tend à sortir du côté opposé et l'on doit le maintenir en place avec le pied. On pourrait donc, *a priori*, poser ce fait, que l'on peut élargir la traverse jusqu'à 0,40 *m* et 0,45 *m*. L'expérience démontre, en effet, qu'une traverse de cette largeur se bourre facilement.

Le déplacement transversal de la voie ne peut se produire au moment où l'essieu d'une machine, posé sur une traverse, la presse sur le ballast, Le frottement développé par cette pression est trop considérable. Ce déplacement ne peut se produire que dans le mouvement ondulatoire, qui vient d'être expliqué, en avant et en arrière des trains. Ce déplacement est combattu par la buttée du ballast contre les têtes des traverses et, en même temps, par le poids des traverses et de leur surcharge en ballast. Plus ce poids est considérable, plus l'espace sur lequel s'étend le soulèvement de la voie est restreint, plus la grandeur des vibrations diminue. Il faut descendre l'assise inférieure des traverses

métalliques, au moins aussi bas que celle des traverses en bois, mais il y aurait inconvénient à faire davantage ; il faut donc se contenter, pour augmenter la stabilité de la voie, dans le sens transversal, d'augmenter, autant que possible, le poids des traverses et de leur surcharge.

On peut se rendre compte, au moyen d'une formule, de la dépense d'entretien d'une voie comparée à la voie sur traverses ordinaires en bois, lorsque l'on fait varier seulement la surface d'assise de la traverse et son poids. Prenons, pour exemple, une voie sur traverses en bois à grande circulation, dont l'entretien coûte $0{,}50\,f$ par mètre courant et par an. La dépense de relèvement de la voie en profil entre, dans cette somme, environ pour 93 °/₀, soit $0{,}465\,f$, le redressement en plan 7 °/₀, soit $0{,}035\,f$. Si l'on appelle S la surface d'assise de la traverse prise pour point de comparaison, si l'on fait varier cette surface en lui donnant une valeur S′, la dépense d'entretien de la nouvelle voie, au point de vue du relèvement et bourrage, sera en raison inverse des surfaces, soit :

$$0{,}465 \times \frac{S}{S'}.$$

Si l'on fait varier maintenant le poids P de la traverse et si l'on appelle P′ la nouvelle valeur donnée à ce poids, la dépense d'entretien, comme redressement en plan, sera en raison inverse du poids des traverses, soit :

$$0{,}035 \times \frac{P}{P'}.$$

Il en résulte que la dépense d'entretien d'une voie, dans laquelle on aura fait varier la surface de la traverse et son poids, sera donnée par la formule :

$$0{,}465 \times \frac{S}{S'} + 0{,}035 \times \frac{P}{P'}.$$

On le voit, l'élément important de la question est l'extension de la surface d'assise de la traverse sur le ballast. L'extension du poids est évidemment utile, mais elle est loin d'avoir la même importance. Il est facile d'obtenir au moyen de la traverse métallique ces deux avantages.

Il ne suffit pas, pour la stabilité de la voie que la traverse ait

une large assise et qu'elle soit pesante, il faut encore que cette surface ait une forme convenable. On a essayé des traverses en bois en forme de V ; on a essayé aussi des traverses en bois demi-rondes en tournant la partie ronde vers le bas. L'expérience a démontré que ces deux systèmes sont mauvais au point de vue de l'entretien, et l'on s'est arrêté, pour les traverses en bois, à une assise inférieure présentant une surface plane. L'expérience a également démontré que les traverses métalliques en forme de chapeau ne sont pas stables. Il est évidemment impossible de bourrer convenablement le ballast sous une traverse de cette forme. Il est impossible aussi que ce bourrage, une fois exécuté, puisse se maintenir sous une traverse toujours en mouvement. On ne pourrait songer à établir la fondation d'une machine à vapeur sur une maçonnerie de forme concave, en bourrant cette concavité avec une matière quelconque. Il faut donc absolument que la surface d'assise de la traverse sur le ballast soit horizontale.

Un des défauts les plus grands de la traverse en bois est la facilité avec laquelle le patin du rail ou la sellette sur laquelle le patin est fixé, dans le cas du rail vignoles, ou le coussinet, dans le cas du rail à double champignon, pénètre dans la traverse en écrasant le bois. Bientôt le sabotage est déformé et l'on ne pourrait, à cause de ce défaut, accroître la hauteur du rail, en allongeant simplement son âme et sans élargir sa surface d'assise. C'est là la principale cause qui, jusqu'à ce jour, a limité les améliorations qu'on pourrait apporter aux voies ferrées. Supposons, en effet, que l'on prenne le rail vignoles de 38 *kg* de l'Etat belge, rail qui n'est autre chose que l'ancien rail de la Compagnie du Nord; que l'on exhausse ce rail jusqu'à 0,16 *m*, en allongeant l'âme, et en diminuant un peu l'épaisseur de cette âme qui est de 0,017 *m*, dimension trop forte, que l'on renforce un peu le patin sans l'élargir, puis le champignon, de manière à augmenter la table d'usure, on pourra former un nouveau rail pesant environ 40 *kg*, mais dont le moment résistant sera le double du moment résistant du premier. Si l'on place ce rail sur une traverse métallique solide et avec une forte attache, nous n'aurons pas à craindre l'écrasement de la matière placée en dessous du patin, et on pourra, avec une traverse métallique et un rail de cette espèce, constituer une voie tout aussi solide que la voie primitive en réduisant de moitié

le nombre des traverses. En effet, entre les essieux lourdement chargés d'une machine, il existe généralement un espace au moins égal à 1,50 *m* ou 1,60 *m* et le rail ayant une résistance et une rigidité doubles, le maximum du poids qui agit sur chaque traverse n'augmentant pas, la voie nouvelle sera tout aussi solide que la première. Cela fait, on pourra, en rapprochant les traverses, obtenir une voie de plus en plus solide et de plus en plus stable et pouvant satisfaire à toutes les exigences : machines plus lourdes, trafics plus considérables et vitesses plus grandes.

En résumé, on voit que l'on peut, au moyen de la traverse métallique, remédier aux inconvénients que présente la traverse en bois, obtenir un point d'appui plus résistant pour le rail, une répartition plus régulière des charges sur le ballast, une plus grande régularité dans la surface d'assise elle-même, une grande extension de cette surface d'assise et du poids de la traverse, une diminution du nombre des traverses par suite d'un exhaussement très peu coûteux du rail, et arriver ainsi à faire, au moyen d'une traverse solide et pesante, une voie plus stable que la voie sur traverse en bois ordinaire, susceptible de satisfaire à toutes les exigences du trafic, par le simple rapprochement des traverses, et cela à un prix tel, qu'en tenant compte simplement de la diminution des dépenses d'entretien, à laquelle son augmentation de stabilité donnera lieu, on obtiendra une voie ne coûtant pas plus cher comme premier établissement, sans tenir compte de la plus grande durée que l'on peut espérer par l'emploi du métal et de la plus grande valeur de ce métal après son retrait.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. ABOILARD

M. Aboilard (François-Auguste-Théodore) est né à Châlons-sur-Marne, le 4 octobre 1813. Il est entré à l'Ecole centrale des arts et manufactures le 3 novembre 1829, et il en est sorti en 1832 avec le premier diplôme d'ingénieur constructeur de sa promotion.

Membre de la Société des Ingénieurs Civils depuis l'origine de cette Société,

Il fut successivement :

Ingénieur de la Compagnie du Canal de jonction de la Sambre à l'Oise dont il fit les études, la rédaction des projets et l'exécution des travaux ;

Ingénieur de la Compagnie du Canal de Pont-de-Vaux (département de l'Ain) ;

Directeur des travaux de MM. Seguin frères, pour l'exécution d'une section du chemin de fer du Nord ;

Directeur des études et des travaux du chemin de fer de Montereau à Troyes ;

Ingénieur de la Compagnie du chemin de fer du Midi, 2e section de la ligne de Bordeaux à Cette ;

Directeur de la Carrosserie du Chemin-Vert à Paris. Construction et entretien de voitures et wagons. Construction de chariots de parc d'artillerie pour l'Etat, etc. ;

Directeur-gérant des établissements de MM. Getting et Cie, à Passy, pour la construction du matériel de chemins de fer. — Wagon-salon du train impérial de la Compagnie de l'Ouest ; wagons-salons divers ; wagons à coupés-lits de la Compagnie d'Orléans, etc. ;

Directeur de la Compagnie des mines de houille de Brassac (Puy-de-Dôme). Extraction, lavage de charbon et fabrication de coke. (Deux médailles aux expositions du département du Puy-de-Dôme) ;

Membre des Comités d'évaluation pour l'établissement de la redevance des mines des départements du Puy-de-Dôme et de la Haute-Loire ;

Membre du Conseil municipal de la ville de Corbeil depuis l'année 1870. A cette époque il fut délégué par le Conseil pour étudier et faire exécuter les travaux de réquisition de guerre à la charge de la ville.

Ces travaux d'une grande importance comprenaient notamment :

La construction de deux ponts provisoires sur la Seine.

Le rétablissement du grand pont.

L'installation d'ambulances pour les hommes et pour les chevaux.

La construction de casernes.

La construction d'écuries.

La construction de bergeries, etc. ;

Membre de la commission administrative de l'Hôpital-Hospice de Corbeil depuis l'année 1870, et de l'Orphelinat Galignani. — Ces deux établissements doivent à son initiative de réelles améliorations, tant dans leur installation que dans leurs différents services ;

Commissaire-répartiteur pour l'établissement des impôts ;

Membre de la première commission de surveillance des bateaux à vapeur du département de Seine-et-Oise ;

Président de la première commission de l'arrondissement de Corbeil pour la surveillance du travail des enfanfs employés dans l'industrie ;

Ingénieur-expert près les tribunaux de Corbeil et de Melun.

En résumé :

M. Aboilard a exercé avec distinction et dévouement les fonctions d'ingénieur civil pendant plus de cinquante années.

DISCOURS

Prononcé par M. le comte de SALIS

Sur la tombe de M. VÉRITÉ

« Messieurs,

» Une longue et douloureuse maladie, supportée avec la résignation et la foi d'un chrétien convaincu, vient d'enlever à l'estime et à l'affection de ses concitoyens une des plus pures illustrations de notre ville, M. Auguste-Lucien Vérité, horloger-mécanicien et ingénieur civil. La Société Académique de l'Oise, à laquelle il réservait la communication de ses découvertes, et la Société des ingénieurs civils qui l'avait admis avec empressement dans son sein comme représentant d'une des applications les plus ingénieuses de la mécanique ne peuvent laisser fermer cette tombe où son corps va rejoindre celui d'êtres chéris et amèrement pleurés sans rappeler sommairement ce que fut cet homme de bien et de travail.

» M. Vérité a dû uniquement à ses efforts personnels, le rang élevé auquel il était parvenu et l'estime des savants les plus illustres, parmi lesquels on nous permettra de citer le baron Séguier, Arago, Leverrier et l'abbé Moigno. Il n'avait pas suivi les cours de ces grandes écoles instituées successivement depuis la fin du siècle dernier pour faciliter aux débutants leurs premiers pas en leur enseignant rapidement les résultats techniques obtenus par leurs devanciers ; il n'eut pas de professeur ; tout ce qu'il savait, et son bagage scientifique était considérable, il le devait à ses lectures et à ses observations faites avec une rare sagacité, dans les loisirs de son modeste établissement de la rue de la Taillerie, et

surtout dans les veilles qu'il consacrait à l'étude de l'art si compliqué de l'horlogerie.

» Déjà son ardeur et le véritable génie de l'invention qui l'animait l'avait poussé à prendre part aux Expositions nationales de l'industrie, où l'originalité de ses combinaisons mécaniques et une habileté remarquable d'exécution lui avaient fait obtenir des récompenses qui auraient satisfait des praticiens moins tourmentés que lui du désir de faire progresser leur art. Cette période de sa vie a été signalée par l'établissement des deux grandes horloges mécaniques du Palais de Justice et du Grand-Séminaire de Beauvais, où d'ingénieuses dispositions de tringles transmettaient l'heure dans toutes les parties de l'édifice.

» M. Vérité, encouragé par le succès, renonça, au grand désespoir d'une clientèle qui l'aimait et plaçait en lui une confiance absolue, à la gestion de sa maison de détail, et se consacra à la création d'un grand atelier d'horlogerie monumentale, où il put, tout en construisant à l'aide d'un outillage perfectionné les horloges pour les édifices publics et les chemins de fer, se livrer aux recherches que lui fournirait son ardente imagination et son étude constante des forces physiques.

» C'est qu'en effet, l'art de l'horlogerie ne se contentait plus de mesurer le temps à l'aide des seuls moyens mécaniques et des ressources fournies par la cinématique, il commençait à utiliser l'électricité, laissée jusque-là dans les cabinets de physique et abandonnée aux purs théoriciens. M. Vérité fut un des promoteurs de cette révolution et l'un des premiers, sinon le premier, il mit à la disposition du public une horloge électrique, qui fut la curiosité de notre première Exposition universelle.

» Ce premier pas le conduisit à l'invention capitale de sa carrière, à celle qui sauvera à jamais son nom de l'oubli. Son esprit net et précis fut frappé des fâcheuses discordances que présentent les horloges publiques d'un même lieu, et il résolut de les faire disparaître en les réglant toutes à l'aide de l'électricité sur un régulateur central d'une marche irréprochable. Cette idée de génie fut adoptée par la Compagnie du chemin de fer du Nord pour sa gare centrale de Paris, où des centaines de cadrans reçoivent l'heure d'une horloge unique ; tous ces appareils ont été fabriqués à Beauvais, dans les ateliers Vérité.

» L'inventeur reçut à cette occasion la croix de la Légion d'honneur, méritée certainement par ses travaux antérieurs, mais que sa modestie excessive ne lui avait pas fait rechercher; cette fois l'opinion publique le désigna à l'administration qui put ainsi récompenser le vrai mérite.

» L'extension à toute la ville de Paris du système adopté par la Compagnie du chemin de fer du Nord, s'imposait à tout esprit sérieux; des négociations furent entreprises, puis abandonnées pour des raisons que nous n'avons pas à apprécier ici. Il nous sera du moins permis d'exprimer le vœu de voir l'utile invention de Vérité appliquée à notre ville de Beauvais, dont il est la gloire, et à laquelle il aimait à reporter le tribut d'admiration que lui valait son génie.

» Aussi est-ce à notre magnifique Cathédrale qu'il voulut donner la conception la plus complète et la plus étendue de son esprit. D'accord avec une société d'hommes distingués, tous ses amis, il entreprit la construction d'une horloge monumentale, véritable chef-d'œuvre de son art, donnant toutes les indications chronométriques et astronomiques; plusieurs années furent consacrées à cette exécution splendide qui frappe d'admiration tous les visiteurs de la Cathédrale et laisse loin derrière elle la célèbre horloge de Strasbourg, ainsi que celle de Besançon, que du reste, Vérité a été chargé de restaurer et qu'il refit à nouveau.

» Ce n'est pas ici le lieu d'examiner et d'exposer en détail tous ces travaux, non plus que les inventions relatives aux signaux de chemins de fer et qui furent les précurseurs du *bloc-system*, aujourd'hui universellement employé. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que la vie entière de Vérité a été consacrée non seulement à l'art de l'horlogerie pour lequel il avait une aptitude merveilleuse, mais encore à l'étude des phénomènes naturels qu'il observait sans cesse avec une extrême patience et une finesse toute particulière. Il y a à peine huit jours, cloué sur le lit par les plus cruelles souffrances, il demandait une plume pour s'occuper encore de l'unification de l'heure et tracer un croquis.

» Aussi cet homme au sens droit et profond, que sa vie avait mis en contact constant avec la nature, qui en admirait les lois et l'ordre admirable, avait-il conservé toute sa vie la foi chrétienne qu'il tenait d'une famille respectable. Il était religieux sincèrement,

sans ostentation ; on le découvrait souvent comme caché derrière un pilier de cette cathédrale à laquelle il a su ajouter un chef-d'œuvre. Tout le monde le connaissait pour sa bonté, sa modestie, et sa main gauche n'a jamais connu ce que donnait sa main droite. Frappé dans ses affections les plus chères par la perte d'une compagne fidèle et d'une fille adorée, sa vieillesse honorée était encore consolée par la présence de sa petite fille et de ses arrière-petits-enfants.

» Aujourd'hui, il ne nous reste plus qu'à nous rappeler les exemples si nombreux donnés dans cette carrière, toute de devoir accompli, de travail acharné et de générosité d'âme, heureux de penser que Dieu a donné à cet homme si bon, au cœur si élevé, la récompense qu'il a promise à ceux qui ont passé leur vie en faisant le bien. »

CHRONIQUE

—

Sommaire. — Sauvetage du navire le *Taurus*. — Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer. — Le chemin de fer du Hollenthal. — La plus grande filature du monde. — Enlèvement de la neige sur les chemins de fer.

Sauvetage du navire le Taurus. — Notre collègue, M. d'Allest, a publié, dans les *Comptes rendus de la Société scientifique industrielle de Marseille*, un mémoire considérable sur les opérations de sauvetage du navire le *Taurus*, effectuées sous sa direction comme Ingénieur en chef de la Compagnie Fraissinet. Nous croyons intéressant de faire connaître les principaux détails de ce remarquable travail qui a présenté d'émouvantes péripéties.

Le *Taurus*, appartenant à la nouvelle Compagnie marseillaise de navigation à vapeur, Fraissinet et C^ie^, est un vapeur en fer de 79,25 *m* de longueur entre perpendiculaires, 11,25 *m* de largeur au maître couple et 7,52 *m* de creux sur quille, jaugeant 1 720 tonneaux de jauge brute de douane, avec une machine développant 1 000 chevaux indiqués.

Ce navire, étant destiné à la navigation du Danube a ses formes étudiées pour obtenir un port en lourd considérable avec un tirant d'eau limité à 6 mètres, de sorte qu'il a été fait très plat; cette remarque est nécessaire pour expliquer certaines difficultés qu'on a éprouvées dans les opérations de sauvetage.

Le navire est muni, à l'avant et à l'arrière, de cloisons de collision montant jusqu'au pont supérieur, et a, en outre, quatre cloisons étanches dont la première s'élève jusqu'au pont supérieur, et les trois autres jusqu'au pont du spardeck qui est en fer.

Il y a quatre cales à marchandises, disposées comme suit : n° 1, n° 2 à l'avant du compartiment des machines, n° 3 et n° 4 à l'arrière de ce compartiment.

Le *Taurus*, parti de Marseille le 4 février 1886 pour la mer Noire et le Danube, s'échoua le 10 février un peu après minuit, au cap Suvero (côtes de Calabre), sur un banc de roches pointues. On constata immédiatement que la cale n° 1 était pleine d'eau et que la cale n° 2 se remplissait par infiltration à travers la cloison étanche. Au point du jour, cette dernière cale était pleine jusqu'au niveau de la mer, puis l'eau filtrant à travers la cloison étanche du compartiment des machines envahissait les chaufferies, éteignait les feux et pénétrait dans les cales d'arrière.

Avec des secours arrivés de Messine on put retirer la cargaison presque entière, à l'exception des marchandises contenues dans la cale n° 1 et dans le fond de la cale n° 2 que la grande quantité d'eau qui se trouvait dans ces deux cales ne permit pas d'enlever.

M. D'ALLEST, arrivé sur les lieux, fit examiner au scaphandre la position du navire et reconnut qu'à cause des formes plates de celui-ci, il était impossible de rechercher les voies d'eau par le dehors; on ne pouvait le faire que par l'intérieur, après avoir préalablement débarrassé les cales des marchandises qu'elles contenaient.

La première chose à faire était d'épuiser la cale n° 2 pour consolider la cloison qui la sépare de la cale n° 1 et aussi pour isoler complètement l'arrière du navire et le vider pour n'avoir plus affaire qu'à l'avant. On commença à épuiser la cale n° 2 avec une locomobile actionnant une pompe centrifuge débitant 150 mètres cubes à l'heure; mais, comme l'eau rentrait à mesure par les coutures de la cloison étanche et que celle-ci se cintrait et menaçait de se rompre, on l'étaya solidement avec trois grandes fermes en charpente en même temps qu'on mattait et calfatait les joints et les têtes de rivets. L'épuisement put s'opérer ainsi, et on débarrassa la cale des marchandises qu'elle contenait; les tôles du fond ne présentaient que de légères déchirures qu'on boucha facilement avec des coins et du ciment; on put dès lors, en ouvrant les vannes de communication, épuiser les compartiments de la machine et de l'arrière et débarrasser ceux-ci de leurs marchandises.

Pendant ce temps on travaillait à enlever au scaphandre le chargement de la cale n° 1. Malheureusement, celui-ci consistait surtout en café qui, mouillé, se gonflait et crevait les sacs pour se répandre en vrac dans la cale; on dut reconnaître l'impossibilité d'arriver aux voies d'eau et on résolut d'essayer de laisser le compartiment plein d'eau et de retirer le navire par l'arrière en le faisant remorquer par le vapeur de la même Compagnie le *Pelion;* on ne put y réussir, le *Taurus* se trouvant évidemment accroché par quelque roche engagée dans la cale; il fallait soulever le navire pour le dégager.

On fit venir de Naples deux tartanes de 120 tonneaux chacune dans le but de les remplir d'eau une fois placées de chaque bord du *Taurus* en les amarrant avec des chaînes passées sous celui-ci; puis on les aurait vidées, ce qui aurait eu pour effet de soulever le navire et de le dégager.

Mais, pendant qu'on procédait à cette opération, le mauvais temps survint, des vagues énormes lancèrent les tartanes sur le rivage et les brisèrent, la mer furieuse souleva le *Taurus* et le laissa retomber sur une roche qui creva la cale n° 3. On dut abandonner le navire envahi de nouveau par l'eau, et les assureurs, pour le compte desquels avait été faite cette tentative de renflouement, considérèrent ce navire comme perdu et rappelèrent l'expédition à Marseille.

M. D'ALLEST n'était cependant pas découragé et, sur son avis, la Compagnie Fraissinet racheta l'épave aux assureurs et se décida à tenter le sauvetage pour son propre compte.

Conservant toujours l'idée d'opérer par soulèvement de l'avant du navire, notre collègue fit construire deux flotteurs en tôle de forme cylindrique, terminée par deux cônes. Ces flotteurs avaient 25 mètres de longueur et 3,20 *m* de diamètre.

Le déplacement est pour chacun de 150 tonneaux environ. Pour faciliter la manœuvre de remplir et de vider ces flotteurs, on a muni l'extrémité de chacun d'un tube flexible lesté, aboutissant au sommet d'un cône; un autre tube avec un plateau de liège aboutit à l'autre cône et communique à une pompe à air, de sorte qu'en aspirant dans le flotteur on y fait pénétrer l'eau, et qu'en y refoulant de l'air on fait sortir l'eau intérieure.

Ces flotteurs étaient d'ailleurs consolidés par des cloisons intérieures de manière à leur permettre de résister à la pression des chaînes qui devaient passer sous le navire.

Ces cloisons avaient encore un autre but ; on comprend que pour couler les flotteurs il n'était nécessaire que de les remplir d'eau qu'en partie ; or, rien ne maintenant la stabilité longitudinale du flotteur, celui-ci aurait pu couler debout, tandis qu'en déterminant par deux cloisons un compartiment central de volume nécessairement moindre que le volume total, en remplissant entièrement ce compartiment d'eau, tandis que les deux compartiments extrêmes restent pleins d'air, on oblige le flotteur à couler en demeurant horizontal.

Les appareils pour faire le vide et refouler l'air étaient des compresseurs à tiroir du système Weiss et Burckardt, actionnés directement par un cylindre à vapeur.

Les flotteurs furent trainés à la remorque.

On partit de Marseille le 14 mai 1886 et, bien que le mauvais temps eût fait casser la remorque de l'un d'eux, on parvint à le retrouver et on arriva avec les engins en bon état, au cap Suvero, le 19 mai au matin.

On commença par installer les machines d'épuisement capables d'enlever 290 tonnes à l'heure chacune, l'une sur la cale n° 2, l'autre sur la cale n° 3. Les flotteurs sont accostés et coulés. Pendant ce temps on vide avec un troisième appareil le compartiment de la machine et, dès que les grilles des chaudières sont découvertes, on allume les feux. La machine est rouillée et couverte de boue, mais elle est intacte. Une fois la pression obtenue, on cherche à la faire tourner et on constate au scaphandre qu'un rocher engagé entre les ailes de l'hélice fait obstacle. Ce rocher est arraché avec une chaîne passée autour et un treuil, puis on fait marcher la machine qui épuise l'eau qui arrive dans son compartiment à travers les cloisons étanches et le tunnel de l'hélice.

Les cales nos 3 et 4 se trouvent en libre communication avec la mer de sorte qu'il n'y a pas à songer à les épuiser dans cet état. Une exploration au scaphandre fait voir que la cale n° 1 est toujours inabordable, que la cale n° 3 a dans le fond et profondément engagé le gros rocher qui retient le navire immobile, plus une autre voie d'eau; enfin que la cale n° 4 a deux voies d'eau. Ces dernières sont peu importantes et on arrive en quelques jours à les boucher avec des plaques de caoutchouc, des coins en bois et du ciment, de manière à pouvoir vider complètement cette cale, après avoir toutefois épontillé solidement la cloison étanche qui menaçait de se rompre.

M. d'Allest s'est livré à une étude minutieuse sur la stabilité du navire avec de l'eau dans les cales pour apprécier s'il était possible de le dégager et de le faire flotter avec la cale n° 3 pleine d'eau. Ces calculs, dans le détail desquels il nous est impossible d'entrer, sont basés sur une méthode très remarquable et qui, comme le fait observer notre collègue, présente un intérêt considérable, aujourd'hui que la question du transport du pétrole brut en vrac est à l'ordre du jour.

Donc on ne pouvait songer, sans risque de chavirer, à sortir du lieu de l'échouage qu'après avoir bouché les trous de la cale n° 3 pour la vider ensuite. On a vu qu'il était impossible d'atteindre par dehors le trou dans lequel le rocher est engagé ; on essaye de le détruire à la dynamite à l'intérieur, mais, après en avoir enlevé cinq ou six mètres cubes, on est obligé, par son incroyable dureté, à y renoncer.

Le 5 juin, dès le matin, on met en marche toutes les pompes d'épuisement, on vide les flotteurs et on soulève assez le navire pour le dégager ; on l'amarre solidement dans cette position et on s'occupe de boucher l'énorme trou de la cale n° 3 par un panneau en tôle de six mètres sur deux mètres, boulonné sur le fond avec calfatage en étoupes et coins en bois, le tout recouvert d'une maçonnerie de pierres et ciment. Le mauvais temps survient et interrompt les opérations, enfin le 17 juin le navire peut flotter et s'éloigner de cette plage fatale, mais pour aller s'échouer de nouveau dans le golfe de Santa Eufemia à peu de distance du lieu du premier échouage; la réparation provisoire de la cale n° 3 a été ébranlée et toutes les pompes réunies qui cependant aspirent près de 1 000 tonnes à l'heure ne peuvent retarder l'envahissement de l'eau.

La situation était des plus graves; un des flotteurs était resté au fond de l'eau, l'autre était mouillé au large. On agita la question de démolir le navire et d'en retirer le plus de pièces possibles sans aventurer plus d'argent à tenter le sauvetage. Toutefois un examen attentif fit penser à M. d'Allest qu'il y aurait peut-être un procédé hardi et dangereux, mais rapide, qu'on pourrait essayer.

Considérant que c'est par la cale n° 3 que toute l'eau a envahi le navire, notre collègue conçoit le projet de faire flotter le navire avec deux cales pleines d'eau, mais en chargeant l'arrière de manière que

l'eau de la cale n° 3 joue le rôle de *water-ballast* et devienne un élément de stabilité.

Un calcul développé dans ce mémoire montre qu'on peut dans ces conditions naviguer avec une sécurité suffisante.

On boucha donc complètement le panneau de la cale n° 3 de manière à empêcher l'eau de remonter dans le spardeck. Cette obturation est opérée par deux rangs de madriers superposés épontillés avec le pont supérieur et recouverts de ciment. Le mauvais temps contrarie de nouveau ces opérations et le navire commence à travailler de telle sorte que les chaudières motrices remontent de plus de 30 centimètres avec le fond du navire en démantibulant le tuyautage et disloquant la boîte à fumée.

On répare tant bien que mal ces avaries ; on achève de vider la cale n° 4, on la comble de pierres pour obtenir l'enfoncement nécessaire à l'arrière ; le navire se redresse, flotte et est mis en mouvement par ses propres machines et le 26 juin au matin met le cap sur Porto-Venere où il doit trouver un bon abri. La situation est des plus critiques, car les cloisons étanches se cintrent et perdent beaucoup; l'eau en ruiselle et si, une fois au large, l'une d'elles venait à céder, ce serait la perte du navire et de son équipage. Il est impossible de songer à aller se réparer ailleurs qu'à Marseille.

A Porto-Venere, on visite le navire aussi à fond que possible, on refait le calfatage de la grande tôle de la cale n° 3, on examine la cale n° 1; on arrive à l'épuiser après quelques réparations faites par l'extérieur, mais le café fermenté et les peaux en putréfaction dégagent des gaz qui obligent à renoncer au déblayement de cette cale. Enfin, après avoir mis les choses dans l'état le moins défavorable possible, on quitte Porto-Venere le 13 juillet au matin, en réglant la machine à l'allure de 35 tours qui ne donne plus de vibrations au navire et permet de réaliser une vitesse de cinq nœuds et demi. Le *Taurus* arrive ainsi à Marseille le 21 juillet, après huit jours de traversée et entre immédiatement dans la cale sèche où on peut constater l'état déplorable où il se trouve.

Il y a dix trous dont un, celui de la cale n° 3, est énorme ; de plus, le plan du navire est enfoncé sous les chaudières sur 10 mètres de longueur ; la quille est tordue et remontée de 26 centimètres ainsi que les varangues.

Pour faire les réparations sous les chaudières, on s'est borné à soulever celles-ci au moyen de fortes élingues. On a redressé la quille en la chauffant de proche en proche, on a redressé les varangues avec des vis.

Les réparations ont duré 42 jours pendant lesquels on a eu à changer 31 tôles et en redresser 34, à changer 19 membrures et en redresser 46, à changer 7 varangues et en redresser 35.

Ces réparations avec celles de la machine et des chaudières ont coûté 124 000 francs en nombre rond.

Le résultat final du sauvetage s'établit comme suit :

Achat de l'épave aux assurances	Fr.	75.000
Frais de sauvetage		143.838
Fournitures diverses		13.000
Réparation		124.433
Frais de bassin		24.161
Total. . . .	Fr.	380.432

Comme le *Taurus*, au moment de l'échouage, figurait sur les livres de la Compagnie pour 739 000 francs (amortissements déduits), le sauvetage a produit une économie relative de de 358 568 francs.

Ajoutons que le navire, entré au bassin le 22 juillet, en sortait le 9 septembre et reprenait la mer dans les premiers jours d'octobre.

Pour compter l'histoire de ce sauvetage émouvant et plein de péripéties, disons que celui des flotteurs qui était resté mouillé au large fut retrouvé intact après avoir supporté quinze jours de grosse mer et que l'autre, qui était resté au fond, étant coupé en deux morceaux troués en divers endroits fut abandonné comme ne valant pas la peine d'être renfloué.

Ces opérations font le plus grand honneur à notre collègue, M. D'ALLEST, qui, dans ces circonstances difficiles, a fait preuve d'une persévérance, d'une ingéniosité et d'une sûreté de jugement qui seules lui ont permis de mener à bien un sauvetage que les marins s'accordaient à considérer comme impossible. C'est pour la profession un succès sur lequel nous sommes heureux d'appeler l'attention de la Société.

Il nous paraît intéressant, avant de quitter ce sujet, de dire quelques mots d'une note qu'ajoute l'auteur du mémoire relativement à l'emploi de l'air comprimé pour le renflouage des navires.

Cet emploi, très séduisant au premier abord, a été bien souvent proposé. M. D'ALLEST l'a essayé sur la cale n° 1 du *Taurus*, après avoir fait cimenter avec soin les coutures des cloisons étanches, dans les parties hors de l'eau, ainsi que le pont. et fait calfalter, cimenter et épontiller le panneau.

Quelque fût le volume d'air envoyé, lequel a été jusqu'à 300 mètres cubes à l'heure, il a été impossible de faire baisser l'eau d'un centimètre tant l'air passait par les fissures du pont, malgré les précautions prises. Il en eût été autrement si le pont eût été sous l'eau, parce que l'air pour s'échapper aurait eu à vaincre la pression représentée par la hauteur de l'eau au-dessus du pont. L'emploi de l'air ne saurait donc convenir que dans des conditions qui ne se rencontreront peut-être qu'exceptionnellement et on ne saurait le proposer comme un moyen général à employer pour le renflouage des navires.

Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer. — Nous avons été des premiers à appeler l'attention (voir chronique d'avril 1882, page 492) sur la curieuse propriété que possède l'huile de calmer l'agitation des flots. Cette question attire de nouveau en ce moment l'attention et a été l'objet d'une communication de l'amiral Cloué à l'Académie des sciences dans la séance du 6 juin 1887.

Notre collègue, le professeur Thurston, a récemment publié, sous le titre *Oil on the waters*, une note dans laquelle il explique l'effet de l'huile de la manière suivante :

Lorsqu'on met une goutte d'huile à la surface de l'eau, cette goutte se répand sur toute la surface de manière à former une pellicule d'une extrême ténuité, puis lorsqu'elle a couvert toute la surface qu'elle peut atteindre, la pellicule se divise simultanément à divers points, de manière à former une sorte de treillis à dessins souvent très élégants et dont la forme est caractéristique de la nature de l'huile employée. Ces dessins ont été appelés « figures de cohésion » par le professeur Tomlinson et ils peuvent servir à reconnaître les falsifications des huiles, d'après un procédé employé pour la première fois par le docteur Moffatt et appelé par lui « oléographie. »

Si l'extension de l'huile continue, le treillis se rompt et l'huile se distribue à la surface de l'eau sous forme de globules d'une extrême ténuité. Si l'effusion de l'huile a lieu d'une manière continue et suffisante, la couche reste à la surface de l'eau avec une épaisseur plus ou moins considérable. Elle agit alors de manière à prévenir l'action du vent sur la surface de l'eau comme si on avait interposé une feuille de substance élastique et flexible, telle que serait une feuille de caoutchouc extrêmement mince, et elle empêche les vagues de briser, c'est-à-dire de former ce qu'on appelle en langage vulgaire des *moutons*.

Certaines recherches, faites par Henry, Plateau et autres savants, ont démontré que les liquides possèdent une ténacité réelle, c'est-à-dire une adhérence des molécules les unes aux autres beaucoup plus considérable qu'on ne serait porté à croire. Henry a calculé que cette ténacité s'élève à plusieurs dizaines de kilogrammes par centimètre carré et se rapproche probablement de la résistance à la rupture de la glace. Cette ténacité n'implique nullement la résistance à la déformation, car les molécules de l'eau peuvent se déplacer sans difficulté les unes par rapport aux autres et cette facilité empêche de constater l'existence de la cohésion dans l'eau en masse ; mais on la constate et on peut la mesurer sur des gouttes d'eau, car c'est précisément cette cohésion qui permet à l'eau de se mettre sous la forme de gouttes. On peut encore démontrer cette cohésion par le fait que certains insectes peuvent marcher à la surface et qu'on peut y poser une aiguille très fine sans qu'elle aille au fond, bien que la densité des uns et de l'autre soient supérieure à celle de l'eau.

Une grande tension à la surface et une faible viscosité sont des conditions favorables à la formation de brisants ; l'effet de l'huile est de modifier ces conditions en formant une nouvelle surface qui a une grande ténacité superficielle et une faible tension ; d'autre part, la réduction du frottement entre l'eau et l'air en mouvement agit également pour prévenir la tendance des vagues à briser.

Or, ce qu'il y a de dangereux pour les navires, ce sont uniquement les vagues qui brisent et qui déterminent des efforts et des chocs d'une énorme intensité. Les vagues simples. quelles que soient leurs dimensions, ne font qu'imprimer aux navires des mouvements sans danger.

Lorsqu'on projette de l'huile en faible quantité sur la mer à l'avant d'un navire, cette huile se répand dans toutes les directions et couvre rapidement une large surface dans laquelle on ne voit plus, quel que fût l'état précédent de la mer, que des vagues sans brisants et le navire peut continuer sa marche, à l'abri désormais de l'assaut des lames qui le menaçaient d'une destruction immédiate. Les faits qui prouvent cette action de l'huile sont aujourd'hui tellement nombreux et positifs qu'on ne saurait négliger plus longtemps un moyen aussi précieux de prévenir des pertes incessantes d'hommes et de biens.

Le bureau hydrographique des États-Unis relève assidument les documents relatifs à la question et les publie régulièrement dans ses *Monthly Pilot Charts* ; on les a de plus réunis sous forme d'une publication séparée qui est libéralement répandue, de manière à faire connaître aussi largement que possible un procédé si simple dont les bienfaits peuvent être incalculables.

Ce qu'il y a de plus curieux, c'est que, comme nous l'avons indiqué la première fois que nous avons eu occasion de traiter ce sujet, cette propriété de l'huile est connue depuis un temps immémorial, que certains s'en servaient, et que, si son usage n'était pas plus général, cela tenait moins peut-être à l'ignorance de cette propriété qu'à certains préjugés qu'on trouvera relatés dans le mémoire de l'amiral Cloué.

(A suivre).

Le Chemin de fer du Hollenthal. — On a inauguré à la fin du mois de mai de cette année, dans le grand duché de Bade, le chemin de fer du Hollenthal (Val d'Enfer), destiné à relier Fribourg et Neustadt.

Cette ligne avait déjà été étudiée en 1845 par le Gouvernement badois, mais ce n'est qu'au bout de quarante ans qu'on l'a mise à exécution, grâce à des conditions que l'état de la science des chemins de fer n'aurait pas permis de réaliser à l'époque.

Cette ligne est, en effet, partie à adhérence et partie à crémaillère. La première section, celle de Fribourg à Himmelreich et l'autre extrémité, de Hintergarten à Neustadt, présentent les caractères d'une ligne

ordinaire sans travaux d'art remarquables ; mais la ligne à adhérence dans le Hollenthal proprement dit, de Himmelreich à Hirschsprung, est un vrai chemin de fer de montagnes avec tunnels, murs de soutènement, viaducs, etc.; enfin la partie à crémaillère entre Hirschsprung et Hintergarten comporte un viaduc et plusieurs tunnels.

Voici comment se répartissent, sur la longueur totale de la ligne, les deux modes de construction :

Longueur totale de la partie où les machines fonctionnent par adhérence	27.766	mètres.
Longueur de la partie à crémaillère	7.175	—
Longueur totale de la ligne	34.941	mètres.
Sur la portion à adhérence, il y a 15,4 0/0 de niveau, soit	4.282	mètres.
et 84,6 0/0 en rampe, soit	23.484	—
Total.	27.766	mètres.
Sur la portion en crémaillère, il y a 13,5 0/0 en palier pour les stations, soit	970	mètres.
et 86,5 0/0 en rampe, soit	6.205	—
Total.	7.175	mètres.

La plus forte inclinaison est de 25 millièmes pour la ligne à adhérence et 55 pour la ligne à crémaillère.

Sur la partie à adhérence il y a 54 0/0 de la longueur en alignement droit, et 46 0/0 en courbes. Et sur la ligne à crémaillère 44 0/0 en alignement droit, et 56 0/0 en courbes. Sur les deux parties, le rayon minimum des courbes est de 240 mètres.

On rencontre sur le chemin de fer du Hollenthal sept tunnels plus ou moins importants et quarante-un ponts, dont onze de plus de 10 mètres de portée et trente de 2 à 10 mètres d'ouverture.

La voie se compose de rails d'acier de 9 mètres de longueur normale et de 0,129 *m* de hauteur, pesant 36,2 kilos par mètre courant posés sur des traverses métalliques. Le poids de la voie ressort à 122,5 kilos par mètre courant pour la partie à adhérence ; sur la partie à crémaillère, ce poids s'élève (non compris la crémaillère) à 127,6.

Pour la crémaillère, on a conservé le type classique à échelle de Riggenbach (1) ; cette crémaillère est faite par bouts de 3 mètres de

(1) On a dit et répété que M. Riggenbach n'avait fait qu'appliquer au Rigi la crémaillère inventée par l'ingénieur américain Sylvester Marsh. Ce dire est basé sur le fait que le chemin de fer de Mount Washington, ouvert en 1869, a précédé d'un an environ le chemin du Rigi. Mais il faut ajouter que la crémaillère à échelle employée dans ces deux cas avait été brevetée par M. Riggenbach en France le 12 août 1863, et aux Etats-Unis, en 1865, c'est-à-dire bien avant qu'il fût question du chemin de fer de Mount-Washington. La priorité de l'ingénieur suisse n'est donc pas contestable, et c'est eu égard à ce fait indiscutable que l'Institut de France, en donnant à M. Riggenbach le prix Montyon de mécanique pour 1884, visait particulièrement la bonne disposition de *sa crémaillère.*

longueur, contenant trente dents chacun, ce qui donne le pas ordinaire de 0,100 *m;* on a fait quelques modifications dans la construction, ainsi les trous dans les fers latéraux sont parfaitement circulaires au lieu d'avoir deux parties plates. Les dents y pénètrent par des tenons également circulaires et ne sont pas rivées à l'extérieur. La rotation de la dent est prévenue par un rebord venu au laminage sur la face intérieure de chacun des longerons de la crémaillère et sur lequel reposent les dents. Cette disposition a pour objet de faciliter le changement des dents en cas de besoin.

La crémaillère est posée sur des coussinets en fonte qui reposent sur les traverses au milieu de l'intervalle des deux rails ; ces coussinets ont des rebords qui embrassent les faces latérales des traverses pour les empêcher de glisser sur celles-ci. La crémaillère pèse 101 kilogrammes par mètre courant, y compris les coussinets, boulons de fixation, etc.

Les locomotives comportent les deux modes de propulsion entièrement distincts. Il y a deux cylindres à vapeur qui actionnent six roues accouplées et deux autres cylindres à vapeur qui commandent deux roues dentées accouplées ensemble; ces dernières sont disposées de manière à ce qu'il y ait toujours au moins trois dents en prise avec la crémaillère à la fois. La commande des cylindres à vapeur de la crémaillère se fait au moyen de balanciers à bras inégaux.

Sur la partie à adhérence, la machine fonctionne comme machine ordinaire, le mécanisme à crémaillère restant immobile. Sur les parties à crémaillère on peut fonctionner avec les deux mécanismes à la fois, ou avec un seul des deux, selon le poids du train à remorquer.

Pour l'arrêt et la modération de la vitesse à la descente, on dispose de quatre systèmes de freins :

1° Chaque mécanisme moteur est disposé de manière que les cylindres fonctionnent à volonté comme pompes de compression d'air (frein à air du Rigi) ;

2° Les roues à adhérence sont munies de freins à sabots, à commande à vis ;

3° Les axes des roues dentées portent des roues avec freins à bande et commande à vis;

4° Enfin, il y a un frein continu du système Schmid qui permet au mécanicien d'enrayer simultanément et les roues des wagons et les roues dentées portées sur l'un des essieux de ces wagons et engrenant dans la crémaillère.

Les voitures sont du système à couloir longitudinal, leurs freins peuvent être manœuvrés également des plates-formes.

L'entrée et la sortie des parties à crémaillère se fait sans arrêt par les aiguilles à ressorts bien connues employées depuis longtemps sur les chemins de fer de ce genre.

La construction de la ligne du Hollenthal a coûté 8 420 000 francs

en nombre rond, ce qui, pour 35 kil., représente environ 240 000 francs par kil. Les travaux ont duré un peu plus de trois ans. Le projet est dû à R. Gerwig, directeur des travaux publics du grand duché de Bade, auquel est dû également le très curieux chemin de fer de la Forêt Noire, qui part d'Offenburg, et qui fut aussi l'ingénieur en chef de la Compagnie du Gothard à l'origine. Gerwig est mort à la fin de 1883 pendant la construction de la ligne du Hollenthal.

La plus grande filature du monde. — D'après une communication faite au groupe de Hesse de l'association des ingénieurs allemands, la plus grande filature du monde serait la filature de coton de Krahnholm près de Varna en Russie. Cet établissement colossa compte 340 000 broches, 2 200 métiers à tisser, une force de 6 300 chevaux et 7 000 ouvriers. La force motrice est prise sur une chute de la rivière Marowa, elle est fournie par huit turbines construites par la fabrique de machines d'Augsbourg et dont quatre produisent 1 000 chevaux chacune. Ces dernières débitent chacune un volume de 16200 litres par seconde avec une chute de 7,60 *m*; le diamètre de la roue est de 4,55 *m*, et le nombre de tours par minute de 50; chaque turbine pèse près de 90 tonnes. Les roues de transmission ont respectivement 78 et 61 dents, le pas est de 0,146 *m* et la largeur des dents de 0,483 *m*. La première de ces turbines a été établie en 1867 et a fonctionné depuis cette époque jour et nuit sans réparation.

La transmission s'opère par câbles; il y a 32 cordes en coton de 45 millimètres de diamètre sur une poulie de 6,70 *m* de diamètre et 2,04 *m* de largeur de gorge, faisant 64 tours et pesant 56,000 *kg* Cette poulie transmet 1 200 chevaux.

L'établissement a été créé en 1858; il comporte actuellement six bâtiments, dont un pour le tissage et cinq pour la filature. Le plan adopté est tel qu'on puisse faire successivement des agrandissements sans déranger le plan général.

La surface totale des ateliers est de 83 364 mètres carrés, il y a 9 426 mètres d'arbres de transmission de 50 à 400 millimètres de diamètre, fournis par la maison Hicks et Hargreave, de Bolton (Angleterre). Les ouvriers sont des Russes et des Esthoniens, ces derniers constituent une race fidèle et laborieuse. La somme de travail est de 79 heures par semaine, dont 13 1/2 pour chacun des cinq premiers jours de la semaine et 11 1/2 pour le samedi. Les salaires varient de 12 à 38 roubles par mois.

Les employés techniques sont presque tous anglais; il y a un directeur général, cinq directeurs adjoints, cinq contremaîtres de cardes, cinq de filature, deux de tissage, un chef d'atelier, un ingénieur mécanicien en chef, trois ingénieurs mécaniciens adjoints, deux contremaîtres d'usine à gaz.

Les contremaîtres gagnent 150 francs par semaine et les directeurs adjoints 200.

La force motrice étant devenue insuffisante, on a dû creuser un canal dans le roc pour détourner une partie de la rivière et créer une nouvelle chute.

Enlèvement de la neige sur les chemins de fer. — Du 12 décembre 1886 au 12 février 1887, les chemins de fer de l'Etat de Saxe ont dépensé 552 000 francs pour l'enlèvement de la neige sur les voies ferrées, soit à peu près quatre fois le coût moyen de ce service dans les années ordinaires. De plus, dans la même période, les recettes du transport des voyageurs ont subi une diminution de 125 000 francs en nombre rond; il n'y a pas eu de diminution sensible dans les recettes des marchandises.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

Mai 1887.

Notice sur **la vie et les travaux** de M. Malezieux, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Gariel, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Congrès international des chemins de fer à Bruxelles en 1885. — **Rapport des Délégués du Gouvernement français.**

Ce rapport a été rédigé par MM. Brame, président du comité de l'exploitation technique des chemins de fer, et Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines.

Les questions inscrites au programme du Congrès correspondaient aux quatre principales branches de l'industrie des chemins de fer ;

1re section. — Voies et travaux ;
2e — — Traction et matériel ;
3e — — Exploitation ;
4e — — Questions d'ordre général.

Le nombre des gouvernements, administrations de chemins de fer ou associations, qui ont adhéré au Congrès, s'est élevé à 156, appartenant à vingt-sept pays différents et représentés par 349 délégués. Il est bon de dire que, sur ce nombre, la Belgique seule comptait vingt-huit administrations représentées par 119 délégués.

Les questions traitées étaient au nombre de douze, nous croyons devoir en donner l'énumération.

Première Section. — *1re Question.* — Types des voies ferrées le mieux appropriées aux diverses lignes, suivant leur nature et leur importance.

2e *Question.* — Examen et discussion des méthodes pratiques qui ont été proposées pour comparer, sous le rapport des dépenses de

construction et des dépenses d'exploitation, divers projets d'un même chemin de fer, conçus dans des conditions différentes de tracé et de profil.

Deuxième Section. — *3e Question.* — Principes à observer dans la construction du matériel roulant afin d'en faciliter et d'en réglementer l'usage.

4e Question. — Moyens généraux de réduire la dépense :

(*a*) D'entretien, de surveillance et de gardiennage des voies ferrées;

(*b*) De traction et de matériel ;

(*c*) De manutention et de manœuvres dans les gares.

5e Question. — Moyens généraux d'assurer la sécurité du mouvement :

(*a*) Arrêts des trains (freins continus). Exploitation des lignes présentant de longues inclinaisons ;

(*b*) Dispositions à donner au matériel pour garantir la sécurité des voyageurs (construction des voitures, moyens d'intercommunication, cordes-signal, appareils divers) ;

(*c*) Dispositions à suivre pour garantir la sécurité du personnel chargé des manœuvres de gare.

6e Question. — Application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer.

Troisième Section. — *7e Question.* — Sécurité, rapidité dans l'exploitation.

8e Question. — Examen des principes à observer dans l'établissement des gares à faible trafic, des gares importantes destinées au service des voyageurs ou à la formation des trains ou au service des marchandises, et enfin des gares de jonction de lignes à sections différentes.

9e Question. — Organisation du service des gares communes et des trains communs. — Partage des dépenses de premier établissement et d'exploitation. — Organisation du service d'échange entre les gares distinctes situées dans une même localité et reliées ou non par rails.

Quatrième Section. — *10e Question.* — Rôle et avenir des voies secondaires (chemins de fer vicinaux), comme affluents de transports, comparativement aux chemins de fer d'intérêt général. — Examen et discussion.

(*a*) Des principes d'une entente pour faciliter et étendre les rapports entre les lignes de natures diverses ;

(*b*) Des systèmes d'exploitation les plus économiques pour lignes à faible trafic.

11e Question. — Étude des mesures qui pourraient être généralisées

pour assurer, autant que possible, le repos du dimanche aux agents de chemins de fer.

12e Question. — Accord à établir entre les diverses exploitations de chemins de fer pour arriver à l'adoption d'une classification uniforme des dépenses et des recettes, et d'un type de compte rendu permettant d'établir des comparaisons utiles entre les résultats obtenus par les différentes administrations. Détermination des unités statistiques.

Mémoire sur la **Stabilité, les mouvements, la rupture des massifs en général** cohérents ou sans cohésion. Considérations sur la poussée des voûtes. Étude spéciale des murs de soutènement et des barrages, par M. CLAVENAD, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur commence, dans cet important travail, par l'examen des questions relatives à la poussée des terres et à la rupture des massifs, en discutant les diverses hypothèses présentées par MM. Boussinesq, Lafont, Flamant, etc., et formule les deux propositions nouvelles suivantes :

1re Proposition. — Dans un massif pulvérulent, la poussée sur la paroi résulte de la concomitance de deux poussées : l'une horizontale qui tend à produire la rotation du mur autour de son arête antérieure, l'autre dirigée suivant le talus naturel qui résulte du glissement du prisme de rupture, glissement qui prend naissance lorsque le mur tend à tourner autour de son arête antérieure.

Cette concomitance est effective dans l'équilibre instable, c'est-à-dire que le moment de ces deux forces est le même par rapport à l'arête antérieure.

Pendant le mouvement, si peu étendu qu'il soit, la poussée, tout en conservant sa grandeur absolue, change de direction depuis l'horizontale jusqu'à la direction du talus naturel.

2e Proposition. — Dans les massifs cohérents, les deux poussées que nous venons de définir ne sont pas concomitantes, mais successives.

La rupture s'opère d'abord par traction, sous l'influence d'une réaction horizontale, puis par cisaillement suivant le plan de rupture.

Le mémoire examine ensuite la question des plans et surfaces de ruptures et passe à l'application aux murs de soutènement et aux murs de réservoirs.

Il nous paraît intéressant, vu la grande importance des murs de réservoirs ou barrages, de reproduire les principes à observer dans la construction de ces ouvrages, tels qu'ils sont indiqués par M. Clavenad.

1° Détermination de la cohésion (expériences préliminaires) ;

2° Claveaux, si cela conduit à une épaisseur trop considérable ;

3° Revêtement des parois en pierre de taille, en tout cas étanchéité du parement amont ;

4° Dans les maçonneries médiocres, drains ;

5° Si la hauteur est considérable, la partie inférieure du barrage doit être encore plus résistante, mortier de ciment ;

6° En tout cas pierres de taille atténuant les tassements;

7° Les murs de retour vers l'aval;

8° Le barrage en courbe avec concavité vers l'amont;

9° Vannes automobiles pour empêcher l'ouvrage d'être surmonté;

18° Profil pratique ci-dessus donné. Profil mixte. Annuler la poussée de l'eau sur la partie inférieure par un grand corroi à l'amont formé de matériaux de grosseur croissante de l'amont vers l'aval. Le barrage n'est alors qu'un mur de soutènement, on peut diminuer considérablement son épaisseur (exemple: barrage de Lozoya, eaux de Madrid);

11° Quand le barrage est encastré entre deux rives très rapprochées, lui conserver autant que possible une hauteur uniforme; faire sur les rives, à la partie supérieure, des maçonneries très massives (Lozoya);

12° Assurer la cohésion avec les fondations par tous les moyens possibles, qnand on ne peut pas augmenter l'empâtement à l'amont;

13° Dans les parties de la vallée où le sol n'est pas rocheux, descendre jusqu'au rocher au moins par des piliers, sinon ne pas craindre d'asseoir le barrage sur une base considérable et, dans ce cas, encastrer autant que possible le barrage sur ses rives par des murs en retour;

14° En construisant le barrage, mettre des pierres saillantes pour donner du crochet et empêcher les cisaillements ;

15° Dans les grands barrages, l'empâtement exagéré des maçonneries ne sert à rien, les parties basses ne travaillant pas, il vaut mieux terminer brutalement en ligne droite et employer de bons matériaux;

16° Une grande largeur en couronne est, au contraire, très favorable à la bonne tenue de l'ouvrage. (Voir à cet égard les barrages espagnols.)

Le mémoire se termine par l'application de ces considérations à à quelques barrages et à l'examen de mouvements et ruptures observés sur quelques-uns d'entre eux. Ce sont les barrages de Gros-Bois, de Puentes, du Guadarama, de Bosmeleac et de Glomel, du Lampy, de Vioreau, de Chazilly, les barrages espagnols, les barrages du Furens et de l'Habra.

M. Clavenad fait remarquer, à ce sujet, que, contrairement à ce qu'on a souvent avancé quelquefois, les Romains, les Maures et les Espagnols étaient extrêmement prudents dans leurs élégissements, et que les ouvrages qu'ils ont laissés offrent, dans leur partie supérieure, des épaisseurs telles de maçonnerie qu'il semble qu'ils aient méconnu gratuitement les notions les plus élémentaires de l'hydrostatique.

Il est vrai que beaucoup de ces vieux barrages, notamment ceux d'Espagne, se sont conservés à peu près intacts jusqu'à nos jours, tandis que des ouvrages récents du même genre ont été l'objet d'accidents

plus ou moins graves et ont même été ruinés complètement. On ne saurait donc, croyons-nous, reprocher aux anciens constructeurs un excès de prudence justifié à la fois par l'état imparfait de leurs connaissances scientifiques et par la moindre importance des économies qu'on eût pu réaliser à une époque où le prix de la main-d'œuvre était pour ainsi dire insignifiant.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Avril-Mai-Juin 1887

Essais de réception des machines et pompes de la distribution d'eau de Mulhouse. — Compte rendu des expériences faites les 11 et 13 juillet 1885, par MM. Walther-Meunier, ingénieur en chef, et Ludwig, ingénieur de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Le cahier des charges relatif à la fourniture des machines et des pompes (1) prescrivait que les épreuves devaient consister à faire marcher la machine à essayer pendant plusieurs heures consécutives, sans interruption, pour bien laisser établir le régime de l'appareil; puis observer la quantité d'eau effectivement montée par la machine dans le réservoir, ainsi que la consommation de vapeur pendant l'essai.

Pendant ces épreuves, les conduites principales seront seules ouvertes à la circulation de l'eau; quant à l'eau pouvant être prise sur ces conduites, pendant les essais, elle sera relevée sur les compteurs des particuliers immédiatement avant le commencement et après la fin des essais. Il sera fait une moyenne d'eau consommée par seconde et cette quantité sera ajoutée à l'eau élevée dans le réservoir.

Cette méthode était à peu près impossible à employer pratiquement à cause de la difficulté de relever, en temps utile, les indications des compteurs de près de 2000 abonnés; elle aurait, d'ailleurs, donné des résultats très peu exacts.

On résolut d'opérer tout simplement en jaugeant le volume d'eau écoulé sous une charge indiquée par le manomètre.

On s'est servi d'une cuve de jaugeage de 5,90 *m* de longueur sur

(1) Voir pour la description de ces machines et pompes les comptes rendus de février 1886, page 191.

1,21 *m* de largeur et autant de hauteur, ayant d'un côté un bout de conduite en fonte de 0,25 *m* de diamètre, portant sur les deux côtés des parties planes rabotées dans lesquelles sont vissés 10 robinets de 30 *mm* et 10 de 20 *mm* de diamètre. Ces robinets sont à vis, pour qu'une ouverture progressive soit assurée.

A l'autre extrémité de la caisse se trouvaient des orifices en mince paroi, formés de disques annulaires en tôle. On employait un plus ou moins grand nombre de ces orifices, suivant la quantité d'eau à débiter, et, pour boucher ceux dont on ne se servait pas, on employait simplement une plaque en caoutchouc que la pression de l'eau appliquait contre l'orifice à obturer.

Le coefficient de contraction se déterminait par l'écoulement d'un volume d'eau Q évalué par pesée. Si *s* est la section de l'orifice d'écoulement, *h* la hauteur de charge moyenne, on a :

$$K = \frac{Q}{s\sqrt{2gh}}.$$

Pour la charge des pompes, on fait la somme de la hauteur du niveau de l'eau dans le puits, de la hauteur d'eau dans le réservoir d'air, de la distance du niveau d'eau dans le puits à un repère du réservoir d'air, et de la hauteur de refoulement lue au manomètre.

Les expériences du 12 août ont donné en moyenne :

Hauteur totale	55,801 *m*
Nombre d'orifices ouverts	5
Coefficient de contraction	0,618
Débit de 5 orifices par seconde	75,845
Travail en eau montée	56,429 *ch*
Poids de vapeur par heure et par cheval mesuré en eau montée	8,608 *kg*
Travail indiqué moyen	66,120 *ch*
Rendement	0,853
Poids de vapeur par heure et par cheval indiqué	7,346 *kg*

Les expériences du 13 août ont donné, à très peu près, les mêmes résultats.

Il s'est agi jusqu'ici des machines et pompes du bas service; les expériences sur les appareils du haut service ont été faites en septembre et octobre 1885.

On a opéré d'une manière analogue, mais les volumes d'eau étant moindres, on n'a pourvu la cuve de jaugeage que de deux orifices.

On a constaté en moyenne une consommation de 12 *kg* de vapeur par heure et par cheval en eau montée, un rendement de 0,736 et une consommation de 8,87 *kg* par heure et par cheval indiqué.

Les appareils ont donc été reçus comme satisfaisant aux conditions imposées par le cahier des charges.

Essai au frein d'une machine Compound horizontale de 250 chevaux. Compte rendu des expériences par MM. Walther-Meunier et Ludwig.

Cette machine, installée dans l'établissement de MM. Schlumberger fils et Cie, à la Mer-Rouge, près Mulhouse, a été construite par la Société des ateliers de construction de Bitschwiller.

Elle se compose d'un petit et d'un grand cylindre, horizontaux tous deux, et ayant chacun son mécanisme, actionnant des manivelles calées à 90 degrés sur l'arbre du volant. Le volant, calé au milieu de l'arbre qui porte les manivelles à ses deux extrémités, consiste en une poulie à câbles à sept gorges, portant latéralement une partie dentée en rochet pour la mise au point de démarrage.

La distribution se fait, pour chaque cylindre, par quatre tiroirs à grille, deux pour l'admission, placés sur le cylindre, deux pour l'échappement, placés en dessous. Ces tiroirs se meuvent dans le sens transversal à l'axe du cylindre et sont actionnés par des cames placées sur un arbre parallèle à l'axe du cylindre et relié par une paire de roues d'angle égales à l'arbre du volant pour les tiroirs d'admission et par des boutons de manivelles pour les tiroirs d'échappement.

Le petit cylindre seul a ses tiroirs d'admission à déclenchement variable, réglé par un régulateur du système Porter.

La vapeur qui passe du petit au grand cylindre traverse un réservoir chauffé par la vapeur de la chaudière. Les deux cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur. Le condenseur est vertical, placé en contre-bas et pourvu de deux pompes à air verticales, actionnées par les deux bras d'un balancier, dont une troisième branche, d'équerre aux deux autres, est reliée par une bielle au prolongement en arrière du cylindre de la tige du petit piston.

Voici les dimensions principales de cet appareil :

Diamètre du petit piston	0,536 *m*
— grand —	0,800
Course commune.	1,100
Rapport de la bielle à la manivelle	4,5
Diamètre du volant au fond des gorges.	6,611 *m*
Nombre de tours moyens par minute.	58

On a employé le dynamomètre de Brauer avec quelques modifications dans l'appareil de sûreté ; de plus, on établit un réservoir d'huile dans les combles de l'atelier avec sept petites conduites dont le débit était réglé par un robinet. pour donner une lubréfaction supplémentaire aux gorges dans le haut du volant.

On a opéré dans trois conditions différentes, savoir :

1° Deux cylindres travaillant en Compound;

2° Un cylindre travaillant à condensation ;

3° Un cylindre travaillant sans condensation.

Dans la première période, la puissance effective fut variée de la pleine charge de 248,97 *ch* à 108,28, de 20 en 20 *ch*. Dans ces conditions, le rendement varia de 86,3 à 79,5 0/0. Au-dessous de 108 *ch*, les variations de vitesse ne permirent pas de continuer la marche en Compound.

Durant les deux autres périodes, le petit cylindre seul étant en marche, la puissance maximum fut de 128,38 *ch* et abaissée de 10 en 10 *ch* jusqu'à décharge complète du frein, soit 37,94 *ch*. Les rendements à pleine charge et à charge minima arrivaient aux chiffres suivants :

	Marche à condensation	Marche sans condensation
Pleine charge.	83,9	88
Charge minima	68,7	73,8

La marche la plus défavorable au point de vue du rendement, est donc, pour une machine dans ces conditions, celle avec un seul cylindre et à condensation. La cause en est que la puissance absorbée par l'appareil de condensation est la même dans le cas de marche en Compound et de marche à un cylindre, et comporte, dans ce cas, un facteur défavorable de même importance que dans le premier, pour une charge d'environ moitié. La comparaison des périodes II et III donne la puissance absorbée par ces organes dont le chiffre a pu être contrôlé par le calcul direct des frottements de la machine et celui de la puissance développée par la pompe à air.

Ainsi on a trouvé pour le travail de l'appareil de condensation :

7,25 *ch* par la mesure au frein ;

7,65 *ch* par le calcul des frottements ;

7,38 *ch* par l'évaluation du frottement.

Ces résultats concordent très sensiblement.

Or ce travail représente 2,5 0/0 de la puissance indiquée pour la marche en Compound, 4,73 0/0 pour la marche avec un cylindre et condensation et devient nul pour la marche sans condensation.

Les auteurs font observer que si le frein Brauer peut être employé avec succès pour des moteurs de petite dimension, il présente d'assez graves difficultés d'emploi pour les grandes puissances et qu'on ne doit en faire usage, dans ce cas, que si on ne peut pas employer le frein de Prony, plus ou moins perfectionné.

Rapport général sur la marche de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur à la fin de son dix-neuvième exercice 1886, par M. Ernest Zuber.

Rapport de M. Walther Meunier, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, sur les travaux exécutés sous sa direction du 1er janvier au 31 décembre 1886.

L'Association alsacienne compte, pour cet exercice, 2 551 chaudières à vapeur, dont 1 647 en Alsace-Lorraine, 820 dans les départements français du Doubs, de Meurthe-et-Moselle, du Haut-Rhin, de la Haute-Saône et des Vosges, et 84 dans le Luxembourg.

Nous citerons quelques passages du rapport de M. Walther-Meunier. Il en est un relatif à la visite des chaudières des petites locomotives de tramways. La visite, prescrite par l'ordonnance allemande de 1878 concernant les chemins de fer secondaires, exigerait, pour être efficace, l'enlèvement de la plaque à tubes arrière, ce qui occasionnerait un travail coûteux et pourrait compromettre la solidité de la chaudière.

Notre collègue, pour éviter ces désagréments, a eu l'idée d'éclairer l'intérieur de la chaudière par une petite lampe électrique à incandescence très vive, attachée au bout d'une baguette de longueur suffisante et introduite dans la chaudière par les ouvertures laissées par les tubes enlevés. On passe la lampe successivement dans plusieurs ouvertures pour éclairer toutes les parties de la chaudière.

Le ministère d'Alsace-Lorraine et l'administration des mines ont autorisé l'emploi de ce procédé pour les visites intérieures des chaudières des locomotives.

Nous citerons aussi quelques constatations faites sur la consommation d'anciennes machines à vapeur existant encore en Alsace.

Ainsi, une machine à balancier, à un cylindre, sans condensation, développant 10 *ch* environ, dépense 52,22 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure. D'autres machines, également sans condensation, de 30 à 50 *kg*. En somme, pour l'usine où fonctionnent ces moteurs archaïques, la consommation moyenne ressort à 41 *kg* de vapeur et 8,34 *kg* de charbon par heure et par cheval indiqué, pour une puissance totale de 80 *ch* environ.

Nous ignorons les raisons qui font tenir le propriétaire de cet établissement à des machines si dispendieuses. Le fait est que, comparativement à des moteurs dépensant même 2 *kg* par cheval et par heure, l'excès de consommation approche d'une demi-tonne par heure, soit, pour 12 heures par jour et 300 jours par an, le total très respectable de 1800 tonnes par an, valant au moins 25 000 francs.

Note sur **les filtres à sable** de la papeterie de l'Ile Napoléon et sur les moyens à employer pour obtenir des eaux claires, par M. Ernest Zuber.

Les filtres de l'Ile-Napoléon, installés il y a une dizaine d'années, peuvent fournir 11 000 mètres cubes d'eau par 24 heures et sont alimentés par le canal du Rhône au Rhin, dont les eaux, dans cette partie, sont prises au Rhin. Ce sont des filtres à sable fin, reposant sur ce principe, que toutes les matières en suspension sont retenues à la surface et pénètrent au plus de quelques centimètres dans la

couche filtrante. Il en résulte qu'il faut enlever, à des intervalles plus ou moins éloignés, la couche supérieure rendue imperméable par le dépôt des matières terreuses.

La couche filtrante a une épaisseur de 0,80 *m* et se compose à partir du bas de :

0,15 *m* de gros cailloux ;
0,15 *m* de gravier de route lavé ;
0,10 *m* de gravier de jardin lavé ;
0,40 *m* de sable de l'Ill passé à la claie de 15 *mm* et lavé.

Avec l'eau du Rhin, il faut nettoyer les filtres toutes les trois semaines, et lorsque les eaux sont très troubles, les filtres deviennent hors d'usage en cinq ou six jours.

Pour le nettoyage, on vide les filtres et on enlève avec des pelles la couche salie par les eaux sur une épaisseur de 5 à 10 centimètres; on la remplace par du sable propre. C'est l'affaire de quelques heures de travail.

Au bout de huit à dix mois, il faut enlever, sur une épaisseur de 20 à 25 centimètres, tout le sable dont la tranche a une couleur grise, et enfin, tous les dix-huit mois, il est nécessaire de renouveler complètement la couche de sable.

Ces filtres ont coûté 48 000 francs et donnent lieu à une charge annuelle, en intérêts, amortissement et entretien, de 7 940 francs, ce qui, pour 7 000 mètres cubes par jour, en nombre rond, fait une dépense d'environ 4 millimes par mètre cube d'eau filtrée.

Note sur un **procédé d'enlevage sur rouge Congo**, par M. Casanovas.

Note sur les **essais de kaolins par lavage**, par M. Henri Risler.

Rapport annuel du **Laboratoire d'analyses de Mulhouse**, du 1er avril 1886 au 1er avril 1887, par M. le Dr Robert Bourcart.

Le Rédacteur de la Chronique,

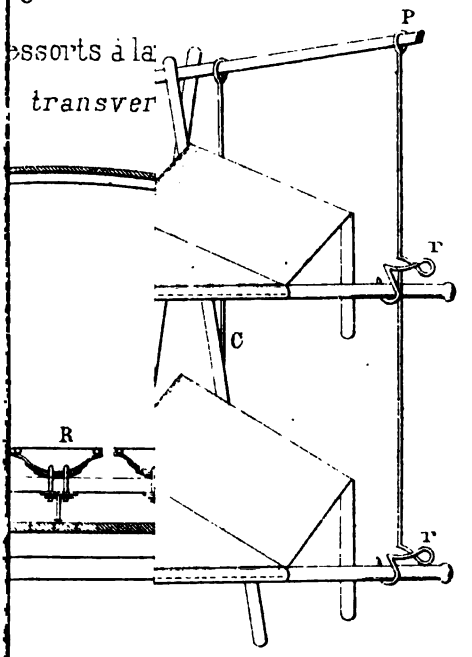
A. Mallet.

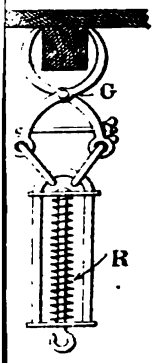
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 18602-7.

Système E cours aux blesses

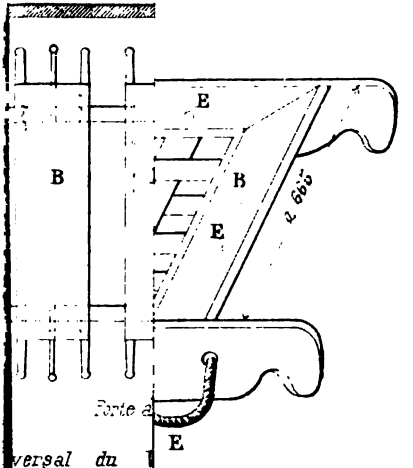
essorts à la

transver





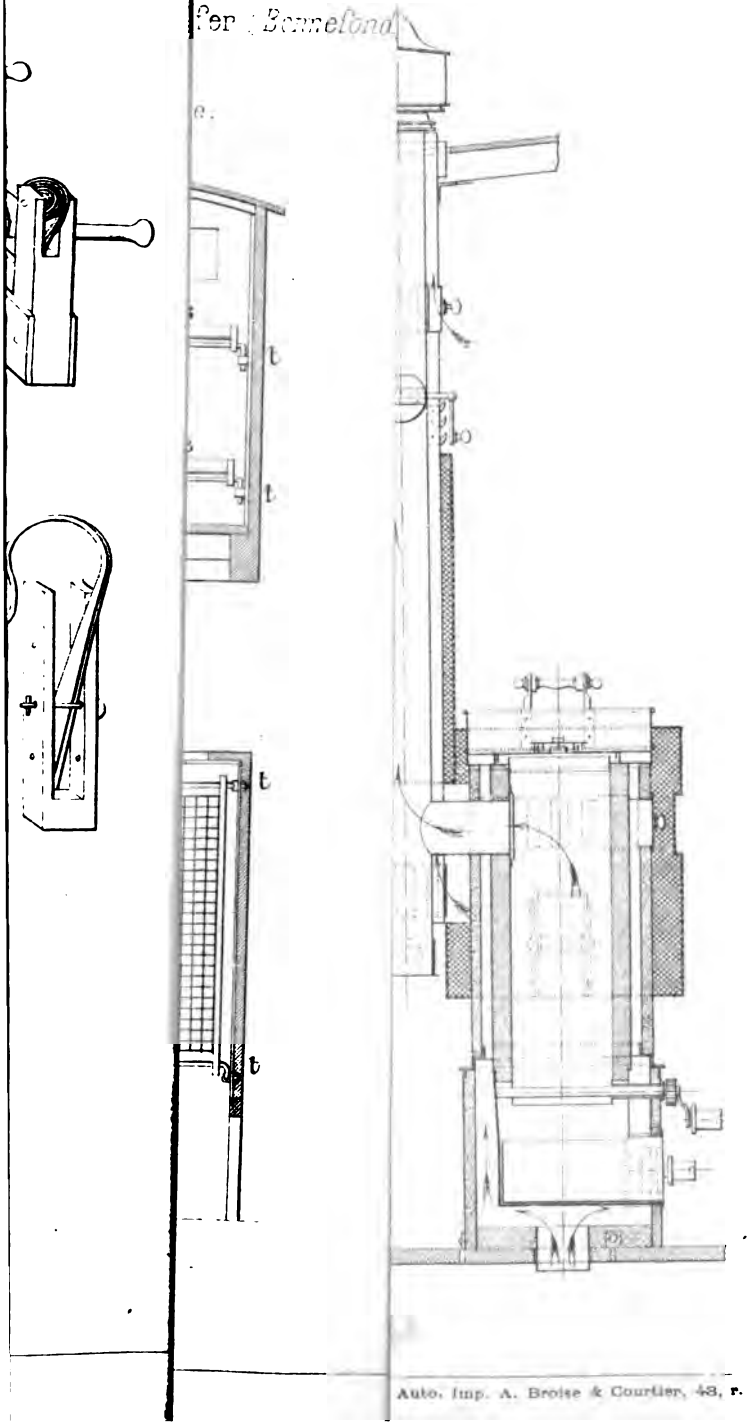
Plan.



versal du

Lo. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.

Fig. 12. Poële
n sanitaire N°1. (Guest).



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerq

Fig. 12. Poêle
n sanitaire N°1. (Ouest).

dlation de la
fer / Bonnefond

e.

t

t

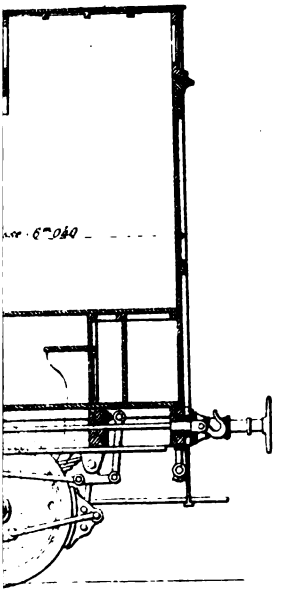
t

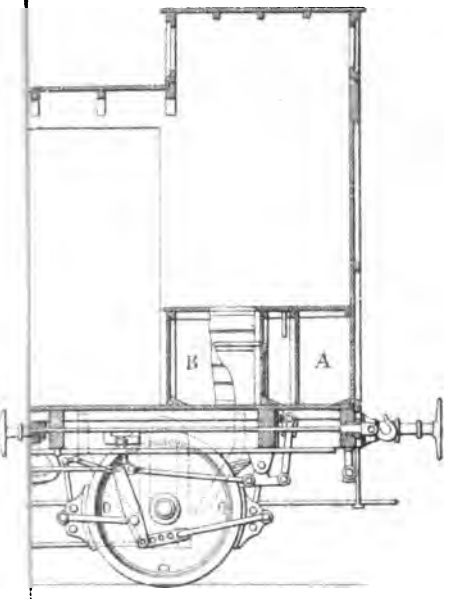
t

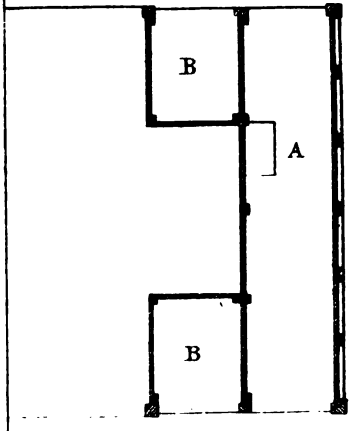
1561. 87.
Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.

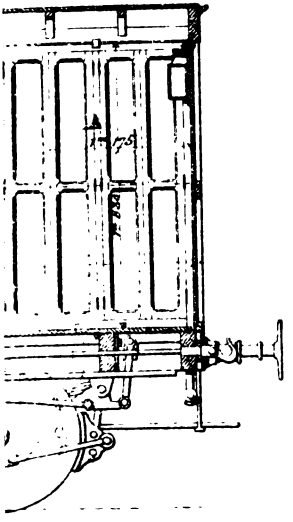
lelinge sale.

droit).









(1888.87)

A. Broise et Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1887

N° 3

Pendant le mois de septembre la Société a reçu :

1° De M. Forir, un exemplaire de son livre intitulé : *Précis de pétrographie* de M. le professeur de Lasaulx (traduction de l'allemand);

2° L'Annuaire 1887-88 de l'Université romaine *(Scuola d'applicazione per gl'ingegneri)*;

3° De l'Université romaine, *Scuola d'applicazione per gl'ingegneri: programmi d'insegnamento* (agosto 1887);

4° De M. Périssé, membre de la Société, un exemplaire de sa *Conférence sur le bronze;*

5° De M. Périssé, un exemplaire de sa *Conférence sur la machine à vapeur;*

6° De M. Bandsept, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *la Traction électrique au moyen des accumulateurs;*

7° De M. Larpent, un exemplaire de sa brochure : *Projet d'un chemin de fer métropolitain parisien;*

8° De M. F. de Garay, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *A la Memoria del Capitan Eads;*

9° De la Ligue parisienne du Métropolitain aérien, un exemplaire de la brochure : *le Chemin de fer métropolitain à Paris;*

10° De MM. Boyenval et Ponsard, un exemplaire de leur brochure : *la Traverse métallique et les Chemins de fer français;*

11° De M. Durassier, membre de la Société, un exemplaire de sa traduction de l'anglais intitulée : *Emploi des scories basiques en agriculture,* par M. Percy C. Gilchrist, de Londres;

12° De M. J.-W. Post, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure : *Note sur les frais d'entretien des voies sur traverses en acier;*

13° De M. Kowalski, membre de la Société, un exemplaire de son *Exposé sur l'article 2 du questionnaire des traverses métalliques.* (Extrait du Congrès international des chemins de fer, 2e session, Milan, 1887).

14° De M. le colonel Laussedat, membre honoraire de la Société, un exemplaire de son *Discours prononcé au banquet offert aux Délégués français aux fêtes de l'inauguration de la Statue de la Liberté éclairant le Monde dans la baie de New-York, en 1886;*

15° De la Société industrielle d'Amiens, un exemplaire de son *Programme des questions mises au concours pour l'année 1887-1888;*

16° De M. Barois, un exemplaire de son ouvrage (texte et planches) : *l'Irrigation en Egypte;*

17° De la Société des Ingénieurs des voies de communication, un exemplaire du *Programme du Bureau technique et de l'Exposition technique permanente;*

18° De M. Ed. Augé, un exemplaire de son *Catalogue de chaîne française à maillons démontables, en fer ou en acier;*

19° De la *Gazette géographique,* un exemplaire de son 35° numéro de la 3e année ;

20° De M. Léon Somzée, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur *les Collisions en mer; moyens de les éviter;*

21° De M. L. Edoux, membre de la Société, un exemplaire de sa *Description sommaire du rideau de fer prescrit par la Commission supérieure des théâtres;*

22° De la *Revue internationale des falsifications,* sa première livraison;

23° De M. E. Trélat, membre de la Société, un exemplaire de *l'Officiel* du 21 août, mentionnant son *Rapport sur les réformes à introduire dans les théâtres pour y établir la sécurité;*

24° Du bureau of Naval Intelligence, à Washington, un livre intitulé : *Recent naval Progress,* numéro de juin 1887;

25° De la Société philomathique de Bordeaux, un exemplaire du

Compte rendu des travaux du Congrès international ayant pour objet l'enseignement technique, commercial et industriel, du 20 au 25 septembre 1886;

26° De M. William Watson, membre de la Société, un volume intitulé : *Proceedings of the american Academy of Arts and Sciences;*

27° De l'Association française pour l'avancement des Sciences, un exemplaire de son *Compte rendu de la 15e session*, à Nancy (1886) ;

28° Du Comité des Travaux historiques et scientifiques du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, un exemplaire de la *Bibliographie des Sociétés savantes de France;*

29° De M. Francis Pothier, membre de la Société, un exemplaire de son *Histoire de l'Ecole Centrale des Arts et manufactures;*

30° De M. Cottrau, membre de la Société, trois photographies d'un pont tournant qu'il a exécuté.

Les auteurs sont invités, pour désigner les mesures métriques, à bien vouloir se servir des abréviations déterminées par le Congrès international du mètre. Ces abréviations sont indiquées page 738 du 1er volume, année 1884, du Bulletin.

NOTE

SUR

LES PHOSPHATES DE LA SOMME

PAR

M. PAUL LÉVY

Les gisements de phosphate de chaux découverts récemment dans les départements de la Somme et du Pas-de-Calais prennent de jour en jour plus d'extension; aussi croyons-nous utile et intéressant de publier aujourd'hui une étude sincère sur ces gisements et leur exploitation.

Historique.

Qui a découvert les phosphates de Beauval?

M. de Mercey, dans une publication parue il y a vingt-cinq ans au moins, a constaté la présence des phosphates dans le département de la Somme. Alors, il était loin de se douter de leur richesse, car, sans cela, nous pourrions lui reprocher de ne pas avoir divulgué sa découverte, et, dans ce cas, ce serait un préjudice grave qu'il aurait causé à l'agriculture.

D'après tous les renseignements pris sur les lieux, il résulte que la première personne ayant découvert les gisements de Beauval, en tant que phosphate commercial, est M. Merle, géologue. Examinons dans quelles circonstances cette découverte eut lieu.

Les *sables* de Beauval étaient-ils connus avant l'arrivée de M. Merle? Oui; mais connus comme sables servant dans la fabrication des briques; comme isolant, valant 3 francs le mètre cube, mais non comme phosphate valant 70 francs!

M. Merle, voyageant de droite et de gauche, cherchait des

sables phosphatés depuis deux mois dans la région. Ses efforts furent couronnés de succès, mais ce ne fut pas sans déboires. Dieu sait ce que l'on disait à Doullens de cet homme qui, rentrant le soir à son hôtel, s'amusait à faire chauffer du sable dans le four de la cuisine, disant, à qui voulait l'entendre, que ce sable serait une richesse pour le pays ! C'était tout juste si on ne le traitait pas de fou !

Cependant un échantillon envoyé par un ouvrier briquetier à M. Hordequin, pharmacien à Doullens, et analysé, prouva la vérité du dire de M. Merle. Aussitôt MM. Fouchard et Lambert, Delmotte, etc., arrivent sur les lieux et commencent les options de terrain. De nouveaux acquéreurs arrivent et les prix augmentent avec une rapidité foudroyante. Je pourrais citer, pour en donner un exemple, M. Bernard, qui acheta pour 750 000 fr. un terrain d'un hectare et demi environ (estimé 25 000 francs avant qu'on y découvrît du phosphate).

Ces préliminaires posés, étudions la constitution géologique de ces terrains.

A Beauval, bien que la surface du sol soit sensiblement horizontale, la craie, recouverte par des dépôts plus récents, est ravinée profondément, et c'est dans des poches irrégulièrement distribuées que le phosphate sableux est accumulé; je dis irrégulièrement, quoique toutes les poches mises à jour actuellement tendent à prendre une direction parallèle au cours de l'Authie, et se trouvent toutes à une altitude variant de 120 à 150 mètres ; et, remarque importante, c'est presque toujours sur le versant oriental des collines qu'on trouve le phosphate.

Les *poches* de phosphates se présentent sous forme de cônes renversés, terminés quelquefois à la pointe par un petit canal ou tube. Ces cônes, à la partie supérieure, ont un diamètre de 5 à 6 mètres, souvent plus. Ils sont séparés par 20 ou 25 centimètres de craie. Leur contenance varie de 50 à 500 mètres cubes.

Le phosphate de première couche est un peu jaunâtre, c'est le moins riche ; il titre de 50 à 60 0/0 et contient des traces de fer ; au-dessous il est plus riche et contient de 70 à 80 0/0 de phosphate tribasique de chaux, poudre très fine, granulée, se présentant sous une forme rappelant les grains intérieurs des figues.

La paroi interne des poches est polie comme celle de beau-

coup de puits naturels ; prouvant ainsi une dissolution lente de la roche calcaire par un liquide corrosif (qui n'a pu être que de l'eau chargée d'acide carbonique).

Les corps remplissant les cavités de la craie se présentent toujours dans le même ordre. Les sondages que j'ai effectués m'ont toujours donné :

1° Terre végétale ;
2° Argile colorée par le fer ;
3° Bief rouge ou noir (argile à silex) ;
4° Phosphates ;
5° Craie ;
6° Quelquefois (accidentellement) du sable phosphaté.

Au centre du phosphate on trouve un noyau de bief; ce qui me fait comparer la poche à un œuf coupé à la partie supérieure et dans lequel :

La coquille serait représentée par la craie ;
Le blanc, par le phosphate ;
Le jaune, par le bief.

Le terrain de Beauval appartient au dernier étage du terrain secondaire ; il est caractérisé par la *Belemnitella quadrata*.

Quant à la formation des phosphates, malgré la présence de dents de poissons, elle me semble provenir de la décomposition par l'acide carbonique de minerais. Il est curieux d'en constater certains qui renferment du phosphate de chaux uni au fluorure de calcium ainsi qu'au chlorure de calcium. Ce sont ces apatites plus ou moins siliceuses qui pourraient bien avoir servi à former les phosphates.

Une autre question surgit : les eaux carboniquées étaient-elles aériennes ou souterraines ?

Avant de donner mon avis sur ce point, je résumerai le rapport de M. Stanislas Ménier.

Il est certain, pour lui, que le phosphate s'est accumulé dans les puits de la craie, au fur et à mesure du creusement de ceux-ci sous l'influence des agents de corrosion. Cette origine par voie de dénudation sub-aérienne serait identique à celle qu'il faut attribuer à l'argile à silex, et ne supposerait aucune réaction différente (à son avis) de celles dont nous sommes témoins tous les jours. A cet égard, il semble bien établi que les masses crayeuses non

phosphatées et riches en silex, d'où dérive le bief, étaient à Beauval originairement superposées aux couches crayeuses phosphatées. La dénudation par infiltration désoxydante d'eau carboniquée se serait d'abord exercée à leurs dépens; puis les couches phosphatées auraient été attaquées à leur tour et le phosphate, comme précédemment l'argile à silex, serait resté en résidu après la dissolution du calcaire.

M. Cornet, lui, pense que le phosphate renfermé dans la craie est d'origine organique. Or la proportion de matières azotées me semble insuffisante pour justifier ainsi sa formation.

Quant à M. Bor, d'Amiens, il donne une explication qui, à mon avis, n'est pas plausible. D'après lui, les eaux venant du nord-est sous la forme de vagues, auraient amené des détritus organiques qui se seraient enfouis et emmagasinés dans les puits ou poches dont le travail de creusement s'opérait déjà, et y auraient déposé un mélange de limon et de craie, de poissons en décomposition qui, pendant les grandes époques terrestres et quaternaires, s'y serait fossilisé, c'est-à-dire dissocié, calcifié, pulvérisé; puis une eau fortement carbonique aurait opéré la dissolution lente, mais progressive. En somme, il se serait produit le phénomène suivant :

Des coulées irrégulièrement distancées d'eau, tenant en dissolution de l'acide carbonique, auraient créé des rigoles, des puits dont la craie dissoute aurait disparu par entraînement; puis les os de poissons fossilisés se seraient tassés soutenus par la terre argileuse qui garnit en même temps l'intervalle des poches et auraient acquis leur état d'équilibre stable qui représenterait l'état et la forme actuels.

Je ne suis nullement de l'avis de M. Bor sur ce point, car toutes les poches que j'ai vues et que j'ai examinées avec soin reposent sur la craie et non sur l'argile. Les seules exceptions à cette règle sont produites par un mince filet d'argile descendant dans le sol et contournant la poche; ce qui s'explique facilement par une coulée d'argile dans une fissure.

Pour moi, l'origine de l'eau chargée d'acide carbonique est souterraine. On conçoit, en effet, que, arrivant sous terre, elle ait pu attaquer les apatites dont j'ai parlé plus haut; les traversant, elle rencontre le bief du centre de la poche, le contourne et forme

ainsi ces espèces de tourbillons dont les traces sont visibles dans les poches.

Comme preuve à l'appui de mon dire, je puis citer certains gisements dans lesquels la craie non attaquée se trouve à la *partie supérieure*, et le phosphate en dessous. Voilà qui ne peut guère concorder avec les explications de M. Stanislas Ménier et de M. Bor !

Examinons maintenant les propriétés de ce phosphate.

C'est une poudre jaune pâle, grisâtre, offrant un toucher assez doux, de couleur peu variable (comme limites extrêmes, allant du blanc jaunâtre au jaune pâle légèrement rougeâtre).

Vu au microscope, il présente l'aspect de grains de millet arrondis ou fusiformes; d'une manière générale, substance ayant été en contact d'un liquide dissolvant qui en a corrodé la surface. C'est une poudre naturelle, la sonde s'y enfonce sans résistance.

Le phosphate tribasique qu'on trouve à Beauval donne en moyenne à l'analyse :

73,5 de phosphate de chaux ;
7 à 9 de carbonate de chaux ;
0,5 à 1 d'oxyde de fer;
0,04 d'alumine ;
1,25 de sulfate de chaux ;
17 à 25 0/0 d'eau.

Exploitation.

Je dois dire que, dans l'état actuel, l'exploitation étant à l'état naissant est généralement assez mal conduite.

Les ouvriers terrassiers font le découvert, enlèvent l'argile ; les pioches et les pelles remplissent les brouettes qui, une fois arrivées à hauteur du sol, sont vidées dans des wagonets sur rails Decauville. Le phosphate aussitôt rendu à l'usine est jeté sur des plaques de dessiccation. Les séchoirs sont constitués par des plaques de fonte ; une série de conduits à air disposés sous cette surface de chauffe reçoit les gaz chauds de la combustion opérée dans un foyer spécial ; d'abondantes vapeurs apparaissent et le phosphate blanchit peu à peu. Au fur et à mesure que sa dessiccation activée par un mouvement continuel devient plus parfaite, il perd ainsi 15 à 20 0/0

de son poids en humidité. Lorsqu'il est sec, on opère le tamisage à l'aide de blutoirs à mailles très fines (toile de 60 ou 70).

Sur le tamis restent de petites masses assez dures, riches en phosphate, qu'on met sous des meules qui les pulvérisent à la finesse voulue.

Telle est sommairement la façon dont les usines traitent le phosphate.

Cependant les séchoirs à plaques ont un grand inconvénient : le phosphate qui est directement en contact avec la plaque chaude perd son humidité, mais la couche qui se trouve au-dessus étant très hygrométrique s'empare d'une partie de la vapeur d'eau; lorsqu'on le retourne, le même phénomène se produit aux dépens de celui qui précédemment se trouvait au-dessous; de sorte qu'on n'arrive pas à sécher entièrement.

Pour parer à cet inconvénient, plusieurs appareils ont été construits; un seul jusqu'à présent a donné de bons résultats.

C'est le sécheur rotatif de M. Ruelle de Blanc-Misseron, déjà connu par ses séchoirs à noir.

Ce sécheur se compose d'un cylindre de tôle de 10 mètres de long sur près de 2 mètres de diamètre; il est placé horizontalement et tourne sur des galets. Ce cylindre est muni intérieurement d'hélices en fer, rivées dans la tôle et servant à entraîner le phosphate.

Un foyer, placé à une extrémité du cylindre — du côté opposé à l'introduction du phosphate — a ses gaz chauds entraînés par un ventilateur en sens inverse de la marche du phosphate.

Le sable introduit met environ 15 minutes pour traverser cet appareil, d'où il sort entièrement sec; car les vapeurs émises par le phosphate sont entraînées dans la cheminée grâce au ventilateur. Dans mon prochain article je donnerai une description détaillée de cet appareil avec plan.

Vente.

Les prix du phosphate sont variables suivant la richesse et sont basés sur un taux à l'unité du phosphate de chaux.

Le prix moyen est de 1 fr. l'unité pour un phosphate contenant 70 0/0 de phosphate de chaux. c'est-à-dire 70 fr. la tonne, rendu sur wagon.

Pour du phosphate moins riche, l'unité descend à 0,80 f., 0.75 f. et 0,70 f. ; pour 80 0/0 de pureté il vaut 1,10 f. à 1,20 f. l'unité.

Mais le phosphate de chaux n'est pas seulement vendu tel ; l'agriculture même — comme tout le monde le sait — ne l'emploie pas ainsi.

Pour que son effet soit complet, pour qu'il fournisse à la plante cet acide phosphorique qui doit l'aider à se développer, à se fortifier, à devenir productive, il est nécessaire qu'il soit transformé en superphosphate de chaux. Car à l'état de phosphate tribasique, son assimilation par la plante est excessivement faible ; l'action, sans être nulle, n'est pas suffisamment vive, surtout pour la culture intensive actuellement en usage, tandis qu'une fois transformé l'action devient rapide. Voici en quoi consiste cette transformation. A changer la formule du phosphate tribasique de chaux 3 Ca O Ph O^5 en deux sels analogues, mais qui contiennent moins de chaux et que l'on nomme l'un phosphate soluble et l'autre phosphate assimilable :

2 Ca O 2 HO Ph O^5 soluble,

2 Ca O 4 HO Ph O^5 assimilable ou soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Cette modification, obtenue à l'aide de l'acide sulfurique à 53 degrés Baumé, donne au phosphate une valeur double tandis que la transformation n'a guère coûté que 25 0/0 de la valeur.

Gisements.

Le phosphate ne se trouve pas seulement à Beauval, quoique ce soit là le gisement le plus important. De très fortes exploitations ont lieu à Orville, Terramesnil ; des sondages fructueux ont été faits à Puchevillers et environs. Je ne serais nullement étonné qu'on en trouvât bientôt près d'Amiens, car la constitution géologique du sol est similiaire ; aussi se remue-t-on beaucoup dans ces parages où de nombreuses équipes de sondeurs percent la croûte terrestre ; heureux, quand la sonde rapporte un peu de ce sable nommé dans le pays sable d'or, car il fait la fortune des propriétaires, sous les champs desquels la providence a placé cet engrais si riche !

SUR LA FORCE

LE PRINCIPE DE D'ALEMBERT — L'ÉQUATION DE LAGRANGE

LE PRINCIPE MODERNE

DE LA CONSERVATION DU TRAVAIL TRANSFORMÉ

PAR

M. PIARRON DE MONDESIR

INTRODUCTION

Quand on lit, avec toute l'attention qu'il mérite, le discours préliminaire que d'Alembert a placé en tête de la nouvelle édition de son *Traité de Dynamique*, édition qui date de 1758, on reste frappé de l'incertitude qui régnait alors dans les esprits sur la notion de la *force*.

D'Alembert nous apprend que de son temps, la question de savoir si la force, possédée par les corps en mouvement, était proportionnelle au produit de la masse par la vitesse, ou bien au produit de la masse par le carré de la vitesse, partageait les géomètres depuis trente ans.

Lui-même a pour ainsi dire horreur des forces et des causes motrices.

« C'est, dit-il, de l'idée seule du mouvement qu'on doit tirer tous » les principes de la Méchanique, quand on veut les démontrer d'une » manière nette et précise. Ainsi, on ne sera point surpris, qu'en » conséquence de cette réflexion, j'aie, pour ainsi dire, détourné » la vue de dessus les *causes motrices*, pour n'envisager uniquement

» que le mouvement qu'elles produisent ; que j'aie entièrement pros-
» crit les forces inhérentes aux corps en mouvement, êtres *obscurs*
» *et métaphysiques*, qui ne sont capables que de répandre les ténèbres
» sur une science claire par elle-même. »

Il est à remarquer du reste que dans la définition du principe de Mécanique qui porte son nom, d'Alembert ne se sert pas du mot *force*, mais seulement du terme *mouvement*.

En s'attachant à la considération du mouvement, et en laissant de côté celle de la force, d'Alembert était incontestablement en avance sur les mécaniciens de son temps.

S'il eût connu la notion du *travail mécanique*, il s'y serait certainement attaché, de préférence à celle du mouvement ; et, sous l'impulsion de ce génie philosophique, la science de la Mécanique eût fait sans doute de grands progrès, tandis qu'elle est restée à peu près stationnaire depuis plus d'un siècle.

On voit que la force était pour d'Alembert une sorte de sphinx, dont il détourne la vue et dont il ne cherche point à deviner l'énigme.

Cette énigme est expliquée en partie aujourd'hui ; mais elle ne l'est pas encore complètement.

C'est ce que je me propose de faire voir dans cette étude.

I

Expression analytique complète de la Force.

Il est admis aujourd'hui que la véritable définition de la force est celle-ci :

La force est la cause qui modifie le mouvement d'un corps qui se meut.

La force doit donc s'exprimer en fonction de la quantité de mouvement, et Lagrange est le premier qui ait énoncé cette proposition.

Considérons un corps en mouvement, et soient au bout du temps t :

M sa masse ;

V sa vitesse ;

Q sa quantité de mouvement.

Nous poserons d'abord :

$$(1) \qquad Q = MV.$$

Si une force quelconque impressionne ce mouvement, son action sera évidemment continue. Elle pourra varier d'un instant à l'autre; mais nous sommes en droit d'admettre qu'elle restera constante, pendant le temps infiniment petit dt, comme nous le faisons pour estimer la vitesse variable d'un corps en mouvement.

Si donc F représente l'intensité de la force au bout du temps t, son action, pendant l'instant dt qui suit, étant constante, continue et par conséquent proportionnelle au temps dt, aura pour expression $F\,dt$.

D'autre part, pendant cet instant dt, la quantité de mouvement Q aura éprouvé une variation égale à dQ. Nous devons donc poser, d'après la définition ci-dessus :

$$(2) \qquad F\,dt = dQ.$$

Elle signifie que l'action élémentaire de la force est égale à la variation dQ de la quantité de mouvement.

Si cette variation est en plus, la force sera dite *accélératrice;* si elle est en moins, on dira que la force est *retardatrice.*

De l'équation (2) nous tirons :

$$(3) \qquad F = \frac{dQ}{dt}.$$

La seconde étant prise pour unité de temps, nous pouvons interpréter la formule (3) en disant que la force F, supposée accélératrice, est représentée, non pas par l'augmentation réelle qui se produit dans la quantité de mouvement pendant une seconde, mais bien par l'augmentation qui se produirait pendant ladite seconde, si l'intensité de la force F restait constante.

Cette interprétation de la force est semblable à celle que nous faisons de la vitesse, $u = \frac{ds}{dt}$, d'un mobile qui décrit une trajectoire courbe. Nous disons alors que la vitesse u est représentée non pas par l'espace réel parcouru par le mobile sur sa trajectoire, pendant une seconde déterminée, mais bien par l'espace

qu'il parcourrait sur la tangente, pendant la même seconde, si la vitesse u restait constante.

Nous allons maintenant différentier l'équation (1). Elle nous donnera, dans le cas le plus général, c'est-à-dire, quand la masse M en mouvement sera variable, ainsi que sa vitesse V :

$$\frac{dQ}{dt} = M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt}.$$

Par suite l'expression générale et complète de la force, telle qu'elle est donnée par l'équation (3), deviendra :

$$F = M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt}. \tag{4}$$

Elle comporte deux termes.

Le premier, $M\frac{dV}{dt}$, constitue à lui seul, jusqu'à présent, la définition analytique de la force.

On ne trouve le second terme, $V\frac{dM}{dt}$, dans aucun ouvrage, si ce n'est toutefois dans le *Traité de Mécanique* de Poisson, quand il traite le problème d'une chaîne homogène qui se déroule sur deux plans inclinés accolés (1).

On peut dire que le grand géomètre avait entrevu la force $V\frac{dM}{dt}$.

Voilà pourquoi je me suis permis de dire plus haut que l'énigme du sphinx de d'Alembert n'avait encore été devinée qu'en partie.

II

Le principe de d'Alembert et l'équation de Lagrange.

La meilleure définition que l'on puisse donner du principe de d'Alembert n'est pas celle que le grand philosophe en donne lui-même, dans son *Traité de Dynamique*, et dans laquelle il proscrit le mot *force*.

Celle de Poisson qui consiste à dire :

(1) *Traité de Mécanique* de Poisson, tome II, page 14.

« Que les *forces perdues* doivent se faire équilibre, en un mo-» ment quelconque, dans un système en mouvement », est beaucoup plus simple et plus facile à comprendre.

C'est, du reste, dans cet ordre d'idées que Lagrange en voulant donner au principe de d'Alembert une forme analytique, a constitué l'*Equation générale de la mécanique*, par la combinaison de ce principe avec celui des vitesses virtuelles, équation que l'on donne aujourd'hui, dans tous les cours et dans tous les traités, comme la base sur laquelle repose la solution de tous les problèmes de la mécanique.

Vous connaissez cette équation célèbre que je transcris ici textuellement, pour les besoins de ma discussion, telle que Lagrange la donne à la page 234 du 1er volume de son *Traité de Mécanique analytique* :

$$(5) \qquad \int\left(\frac{d^2x}{dt^2}\,\delta x+\frac{d^2y}{dt^2}\,\delta y+\frac{d^2z}{dt^2}\,\delta z\right)\mathrm{M}+$$

$$\int(\mathrm{P}\delta p+\mathrm{Q}\delta q+\mathrm{R}\delta r+\ldots)\,\mathrm{M}=0$$

M est la masse constante de l'un des corps en mouvement;

x, y et z sont ses coordonnées au bout du temps t;

MP, MQ, MR, ... sont les forces motrices qui agissent sur la masse M;

δx, δy et δz sont les composantes du déplacement virtuel de la masse M;

δp, δq, δr, ... sont les déplacements virtuels que prendrait la masse M, sous l'influence des forces motrices MP, MQ, MR, ... si elle était libre ; ils doivent être affectés du signe —.

L'équation générale de la mécanique est, comme vous le voyez, assez compliquée ; mais nous allons reconnaître dans un instant, qu'elle se simplifie considérablement, quand on l'applique à un système de corps en mouvement, à la surface terrestre, sous l'influence seule de la pesanteur.

Toujours est-il que cette équation exprime parfaitement l'équilibre des forces perdues, conformément à la définition de Poisson.

Sans doute elle conduit sûrement à la solution de tous les problèmes d'astronomie et de tous les problèmes de dynamique qui se présentent à la surface terrestre avec des masses constantes ; mais

elle est insuffisante pour aborder des problèmes où des masses variables, des chaînes, par exemple, sont en mouvement.

M. Résal nous le prouve lui-même dans son *Traité de Mécanique générale*, tome Ier, page 339, quand il se propose de déterminer la loi du mouvement d'une chaîne homogène et d'une masse pesante suspendue à un fil, qui s'entraînent mutuellement au moyen d'un treuil horizontal. Il applique à la solution de ce problème, dans lequel une masse variable est en mouvement, l'équation de Lagrange. Il arrive alors à une solution inexacte. Il a reconnu, du reste, son erreur avec sa loyauté bien connue.

L'équation générale de la mécanique ne comporte donc pas tout le degré de généralité indiqué par son titre.

Le principe de d'Alembert est plus général, parce qu'il peut s'appliquer au mouvement des masses variables aussi bien qu'à celui des masses constantes. C'est ce que je ferai voir dans la suite de ce travail.

III

Le principe moderne de la conservation du travail transformé.

Il se résume en deux mots :

Le travail mécanique est comme la matière; il se transforme, mais il ne s'anéantit pas.

Ce principe sur lequel j'ai basé mes Dialogues sur la Mécanique est le seul qui soit absolument général.

Il peut s'appliquer à tous les problèmes d'astronomie.

Il s'applique à tous les problèmes de la dynamique, que les masses en mouvement soient constantes ou variables.

Il est applicable à tous les problèmes de thermo-dynamique, de physique et de chimie, partout où il y a un mouvement visible ou invisible, en un mot à tous les problèmes de la mécanique, puisque la mécanique est la science universelle.

Quand on en borne l'application à la dynamique proprement dite, c'est-à-dire à des problèmes où le travail n'apparaît que sous

les trois formes statique, dynamique et tournante, que je désigne par les lettres S, D et T, l'équation du mouvement se réduit à:

$$S_0 + D_0 + T_0 = S_1 + D_1 + T_1. \tag{6}$$

Elle exprime que la somme des quantités de travail que possèdent les corps en mouvement, à deux époques différentes et arbitrairement choisies, est la même, conformément au principe énoncé ci-dessus.

J'en ferai plus loin des applications.

IV

Les quatre formes de l'expression analytique de la force.

Reportons-nous à l'équation (4); sa discussion sera des plus intéressantes et va jeter la lumière sur plus d'un point encore obscur de la science de la Mécanique.

Nous aurons quatre cas à considérer:

1° M constant et V variable;

2° M et V variables;

3° M variable et V constant;

4° M et V constants.

V

M constant et V variable.

L'expression analytique de la force est alors simplement:

$$F = M \frac{dV}{dt}. \tag{7}$$

Comme je me propose ici de faire modestement de la mécanique terrestre, sans aborder aucun problème d'astronomie, je vais simplement appliquer l'équation (7) au mouvement d'un corps qui tombe librement dans le vide. L'expérience nous apprend qu'au bout du temps t, nous aurons :

$$V = g t,$$

et par suite,

$$\frac{dV}{dt} = g.$$

Par conséquent :

(8) $$F = Mg.$$

C'est l'expression de la force de la pesanteur ; c'est le poids du corps qui tombe librement dans le vide.

L'action de la pesanteur s'exerce en raison inverse du carré de la distance, suivant la grande loi découverte par Newton. Elle est variable dans les espaces célestes ; mais elle est constante, ou, pour parler plus exactement, très sensiblement constante, à la surface de la terre. On sait, en effet, que la valeur de g reste aux environs de 9,81 m.

Je considère maintenant un système de masses constantes en mouvement, toutes soumises à l'action de la pesanteur et s'entraînant au moyen de fils supposés inextensibles et impondérables, enroulés sur des poulies ou des treuils.

Je fais abstraction de toutes les résistances passives et de celle de l'atmosphère ambiante.

Je dis alors : si la masse M, l'une du système, était libre, elle aurait acquis au bout du temps t, la quantité de mouvement Mgt ; mais, par suite de sa liaison avec les autres masses du système, sa quantité de mouvement au bout du temps t est MV.

Pendant l'instant dt qui va suivre, la quantité de mouvement Mgt augmenterait de $Mg\,dt$, tandis que la quantité de mouvement MV augmente en réalité de $M\,dV = M\frac{dV}{dt}\,dt$.

On voit ici apparaître le principe de d'Alembert, tel qu'il le définit lui-même, en disant que toutes les quantités infiniment petites de mouvement, telles que $Mg\,dt$, d'une part, et $M\frac{dV}{dt}\,dt$, d'autre part, doivent se faire équilibre.

Or, ceci revient évidemment à dire que la somme des forces motrices Mg et celle des forces effectives $M\frac{dV}{dt}$, doivent se faire équilibre en un moment quelconque du mouvement.

Exprimons cette équation par le principe des vitesses virtuelles, en observant que dz serait le déplacement virtuel de la masse M,

si elle était libre, puisque cette masse tomberait alors verticalement, et que son déplacement virtuel effectif est $V\,dt$, et nous devrons poser l'équation :

$$(9) \qquad \Sigma\, M g\, dz = \Sigma\, M \frac{dV}{dt} \times V\, dt = \Sigma\, M V\, dV.$$

Reportons-nous maintenant à l'équation générale de la mécanique, et voyons ce qu'elle devient dans le cas considéré.

Il est clair que la somme des forces qui agissent sur la masse M se réduit à une seule qui est la pesanteur Mg. Son déplacement virtuel δz, que nous pouvons supposer infiniment petit et remplacer par dz, doit être affecté du signe —, comme cela résulte de l'analyse de Lagrange. Nous poserons donc d'abord :

$$S\,(P\delta p + Q\delta q + R\delta r + \ldots)\,M = -\,\Sigma\, M g\, dz.$$

Quant au terme :

$$\int \left(\frac{d^2x}{dt^2}\,\delta x + \frac{d^2y}{dt^2}\,\delta x + \frac{d^2z}{dt^2}\,\delta z\right) M,$$

si l'on change la caractéristique δ en d, on reconnaît de suite que sa valeur est :

$$\Sigma\, M \frac{dV}{dt} \times V\, dt = \Sigma\, M V\, dV.$$

L'équation de Lagrange se réduit alors à :

$$\Sigma\, M g\, dz = \Sigma\, MV\, dV,$$

c'est-à-dire à l'équation (9).

Cette équation peut s'intégrer, puisque toutes les masses M sont constantes.

L'intégration donne :

$$(10) \qquad \Sigma\, M g z = \Sigma \frac{M V^2}{2} + C.$$

C'est, comme vous le voyez, l'équation des forces vives que l'on déduit ainsi du principe de d'Alembert.

Si toutes les masses M sont en repos à l'origine du mouvement, il est clair que la constante C sera nulle.

Appliquons ici le principe moderne et posons,

$$S_0 + D_0 = S_1 + D_1,$$

puisque le travail n'affecte que les deux formes S et D. A l'ori-

gine du mouvement, la masse M étant supposée en repos et à une hauteur h au-dessus d'un plan horizontal de comparaison, choisi arbitrairement, nous aurons :

$$S_0 = \Sigma\, M g h ; \qquad D_0 = o.$$

Au bout du temps t, la masse M étant descendue de la hauteur z, et ayant acquis la vitesse V, nous aurons :

$$S_1 = \Sigma\, M g\, (h - z); \qquad D_1 = \Sigma\, \frac{M V^2}{2}.$$

L'équation de la conservation du travail transformé sera donc :

$$\Sigma\, M g h = \Sigma\, M g\, (h - z) + \Sigma\, \frac{M V^2}{2},$$

soit, en réduisant :

$$\Sigma\, M g z = \Sigma\, \frac{M V^2}{2},$$

c'est-à-dire l'équation (10), quand la constante est nulle.

Ainsi donc, le problème de plusieurs masses constantes en mouvement, toutes soumises à l'action de la pesanteur, problème qui est exclusivement du domaine de la mécanique terrestre, peut être résolu soit par l'application directe du principe de d'Alembert, soit par l'équation de Lagrange, soit enfin par le principe moderne.

Mais il faut reconnaître, dès à présent, la supériorité de ce dernier principe qui n'exige aucune intégration.

VI

M et V variables.

Dans ce cas, la force a pour expression, suivant la formule (4) :

$$F = M \frac{dV}{dt} + V \frac{dM}{dt}.$$

La force élémentaire est :

$$F\, dt = M\, dV + V\, dM.$$

Cette dernière équation s'explique d'elle-même.

En effet, pendant l'instant dt qui suit le temps t, au bout duquel la masse variable en mouvement est devenue M, avec la vitesse V, une première variation dans la quantité de mouvement s'est manifestée ; elle a pour valeur $M\,dV$, comme dans le cas d'une masse constante. Mais, pendant ce même instant dt, une seconde variation s'est produite dans la quantité de mouvement, puisque la masse infiniment petite dM a pris part au mouvement avec la vitesse finie V. Cette seconde variation a pour valeur $V\,dM$.

Ici, l'équation de Lagrange n'est pas applicable, puisqu'elle ne contient pas la force $V\frac{dM}{dt}$; mais le principe de d'Alembert va s'appliquer parfaitement, comme je vais l'établir d'une manière très simple.

Je vais supposer, pour plus de généralité, toutes les masses variables.

Soient, au bout du temps t, M la masse et V la vitesse de l'un quelconque des corps du système en mouvement.

L'équilibre entre les forces motrices et les forces effectives va s'établir ainsi qu'il suit :

La force motrice qui agit sur le corps dont la masse est devenue M, au bout du temps t, a pour valeur Mg, avec un déplacement dz, comme si la masse était constante.

$\Sigma Mg\,dz$ sera donc l'un des membres de l'équation d'équilibre que je me propose d'établir, en prenant dz avec le signe $+$, si la masse M descend, et avec le signe $-$, dans le cas contraire.

La force effective a pour valeur au bout du temps t :

$$M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt}.$$

Le déplacement virtuel du premier terme $M\frac{dV}{dt}$ est $V\,dt$, par la raison que toute la masse M progresse, pendant l'instant dt, de la quantité $V\,dt$, comme si elle était constante. Mais le déplacement virtuel du second terme $V\frac{dM}{dt}$ est seulement $\frac{1}{2}\,V\,dt$, par la raison que le centre de gravité de la masse infiniment petite dM, qui, pendant l'instant dt, se trouve entraînée dans le mouvement avec la vitesse finie V, n'a progressé que de la quantité $\frac{1}{2}\,V\,dt$.

L'équation d'équilibre sera donc,

$$\Sigma M g dz = \Sigma M \frac{dV}{dt} \times V dt + \Sigma V \frac{dM}{dt} \times \frac{1}{2} V dt,$$

soit, en réduisant :

$$(11) \qquad \Sigma M g dz = \Sigma MV dV + \Sigma \frac{V^2 dM}{2}.$$

Cette équation est l'expression analytique la plus générale que l'on puisse donner du principe d'Alembert, quand on reste dans le domaine de la mécanique terrestre.

Je vais appliquer l'équation (11) à la solution d'un problème qui n'a encore été traité par aucun auteur.

Les extrémités supérieures de deux chaînes homogènes dont les masses sont μ et μ' par mètre courant, sont réunies par un fil inextensible et impondérable qui passe dans la gorge d'une poulie fixe. A l'origine du mouvement — première position de la figure 1 — la première chaîne se trouve déployée verticalement sur la hauteur λ, et massée en partie sur le plan horizontal A B. La seconde est entièrement massée sur ce plan. Au bout du temps t, l'extrémité supérieure de la première chaîne sera descendue d'une hauteur z, et celle de la seconde chaîne sera remontée de cette même hauteur z, — deuxième position de la fig. 1.

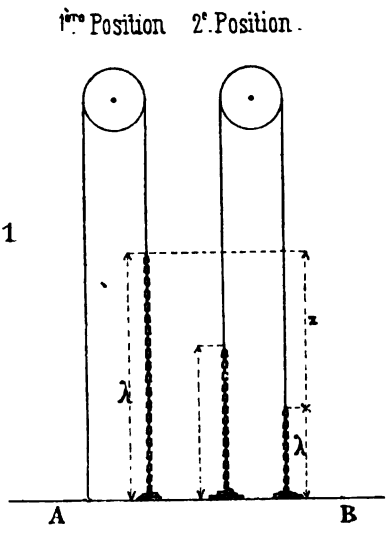


Fig. 1

Il s'agit d'établir l'équation de ce mouvement, en ne tenant compte ni des résistances passives, ni du moment d'inertie de la poulie.

On voit que, dans ce problème, la variation de la masse est proportionnelle à celle du développement de la chaîne.

Il est clair, d'abord, qu'au bout du temps t, les deux masses en mouvement étant $\mu(\lambda - z)$ à droite, et $\mu' z$ à gauche, la première

de ces masses descendant, tandis que la seconde remonte, nous aurons, en appliquant l'équation (11) :

$$\Sigma\, M g dz = \mu g\, (\lambda - z)\, dz - \mu' g z\, dz.$$

Nous aurons ensuite :

$$\Sigma\, M V dV = \mu\, (\lambda - z)\, \frac{dz}{dt} \times \frac{d^2z}{dt} + \mu' z\, \frac{dz}{dt} \times \frac{d^2z}{dt} =$$

$$[\mu\, (\lambda - z) + \mu' z]\, \frac{d^2z}{dt^2}\, dz.$$

Puis enfin :

$$\Sigma V^2 \frac{dM}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 \times d.\, \mu\, (\lambda - z + \frac{1}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 \times d.\, \mu' z$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 (\mu' - \mu)\, dz.$$

L'équation (11) devient donc, appliquée à la solution du problème dont il s'agit :

$$\mu g\, (\lambda - z)\, dz - \mu' g z\, dz = [\mu\, (\lambda - z) + \mu' z]\, \frac{d^2z}{dt^2}\, dz +$$

$$+ \frac{1}{2}\, (\mu' - \mu)\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 dz.$$

Son intégration donne :

$$\mu g \lambda z - \frac{\mu g z^2}{2} - \frac{\mu' g z^2}{2} = \frac{\mu\, (\lambda - z) + \mu' z}{2}\, \left(\frac{dz}{dt}\right)^2.$$

Ici la constante est nulle, parce que la vitesse $\frac{dz}{dt}$ est nulle pour $z = o$.

Nous tirons immédiatement de l'équation précédente :

$$(12) \qquad \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \frac{(2\mu\lambda - \mu z - \mu' z)\, gz}{\mu\, (\lambda - z) + \mu' z}.$$

C'est l'expression de la vitesse en fonction de l'espace parcouru par les extrémités des deux chaînes.

Appliquons maintenant ici le principe moderne en posant :

$$S_o + D_o = S + D,$$

puisque le travail n'y affecte que les deux formes statique et dynamique.

A l'origine du mouvement (1re position de la figure 1), nous avons :

$$S_0 = \frac{\mu g \lambda^2}{2}; \quad D_0 = o.$$

Au bout du temps t (2e position de la figure 1), nous avons :

$$S = \frac{\mu g (\lambda - z)^2}{2} + \frac{\mu' g z^2}{2};$$

$$D = \frac{1}{2} [\mu (\lambda - z) + \mu' z] \left(\frac{dz}{dt}\right)^2.$$

Et, comme $D = S_0 - S_1$, nous obtenons immédiatement :

$$\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \frac{\mu g \lambda^2 - \mu g (\lambda - z)^2 - \mu' g z^2}{\mu (\lambda - z) + \mu' z},$$

soit, après réduction :

$$\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \frac{(2\mu\lambda - \mu z - \mu' z) gz}{\mu (\lambda - z) + \mu' z},$$

c'est-à-dire l'équation (12).

On voit ici apparaître une concordance parfaite entre le principe de d'Alembert et celui de la conservation du travail transformé, ce qui était prévu d'avance. Mais il faut constater, pour la deuxième fois, la supériorité du principe moderne.

La discussion de l'équation (12) nous conduirait à des résultats très intéressants, mais elle sortirait du cadre de ce mémoire.

Je vous ferai seulement remarquer que, dans le cas particulier où les deux chaînes en mouvement sont semblables, c'est-à-dire, quand $\mu = \mu'$, l'équation (12) se réduit à :

$$\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = \frac{\lambda - z}{\lambda} \times 2qz. \tag{13}$$

Elle peut alors se déduire de l'équation de Lagrange, bien que chacune des deux masses en mouvement soit variable, par la raison que la masse totale qui se meut est constante et égale à $\mu\lambda$.

C'est un cas analogue à celui que Poisson a traité, en analysant le mouvement d'une chaîne homogène qui se déroule sur deux plans inclinés accolés. J'ai déjà dit à ce sujet que l'illustre géomètre avait appliqué la force $V \frac{dM}{dt}$ à chaque portion de chaîne mobile. Mais il lui attribue le déplacement virtuel $V\,dt$, au lieu

de $\frac{1}{2}$ V dt. Ceci, du reste, ne fausse pas son équation, puisque les deux forces V $\frac{dM}{dt}$ s'annulent sur les deux plans.

Il n'en est pas moins vrai que l'application faite par Poisson est incomplète. Voilà pourquoi je me suis permis de dire qu'il n'avait fait qu'entrevoir la force V $\frac{dM}{dt}$.

Je crois devoir vous présenter une remarque avant de clore ce chapitre.

Le deuxième membre de l'équation (11) est une différentielle complète dont l'intégrale est $\Sigma \frac{MV^2}{2}$.

Quant au premier membre, on pourra toujours l'intégrer, si la masse variable M est une fonction simple de z, comme dans le problème qu'on vient d'analyser.

Alors l'équation (11) intégrée prendra la forme :

$$\Sigma M g z = \Sigma \frac{MV^2}{2} + C, \tag{14}$$

Ce qui démontre que le théorème des forces vives s'applique dans ce cas aux masses variables comme aux masses constantes.

VII

M variable et V constant.

La force a tout simplement alors pour expression :

$$F = V \frac{dM}{dt}.$$

Elle s'applique principalement au mouvement des corps liquides et gazeux qui conservent une vitesse constante. La masse en mouvement croît alors proportionnellement au temps.

Considérons d'abord un réservoir d'eau, entretenu au même niveau, et dont le contenu s'écoule par un orifice avec une vitesse constante.

Désignons par m la masse du liquide qui sort du réservoir pendant une seconde avec cette vitesse constante V.

Puisque la masse écoulée croît alors proportionnellement au temps, il est clair que l'augmentation du mouvement, pendant l'instant dt, est $m\,V\,dt$. Cette augmentation étant due à la force élémentaire $F\,dt$, qui actionne le mouvement, nous devons poser :

$$F\,dt = m\,V\,dt,$$

soit,

$$F = mV. \qquad (15)$$

Le précédent raisonnement s'applique également à l'écoulement d'un corps gazeux qui sort, par un orifice, d'un récipient entretenu à pression constante.

La formule (15) s'applique donc aux corps liquides ou gazeux.

Ainsi, *la force d'un courant liquide ou gazeux, dont la vitesse est uniforme, est égale au produit de la vitesse V par la masse* m *qui s'écoule pendant une seconde.*

Cette proposition n'est pas encore généralement admise par le monde savant, et l'on peut citer plus d'un auteur qui qualifie le produit $m\,V$ de quantité de mouvement.

A la vérité, $m\,V$ représente bien la quantité de mouvement que le fluide, liquide ou gazeux, possède au bout de la première seconde de son écoulement ; mais, au bout du temps t, la quantité de mouvement n'est plus $m\,V$, mais bien $m\,t\,V$, puisque la masse écoulée est alors $m\,t$.

La force est donc, d'après les formules (1) et (3),

$$F = \frac{dQ}{dt} = d\,\frac{mVt}{dt} = mV.$$

(Remarquons en effet que m et V sont des constantes.)

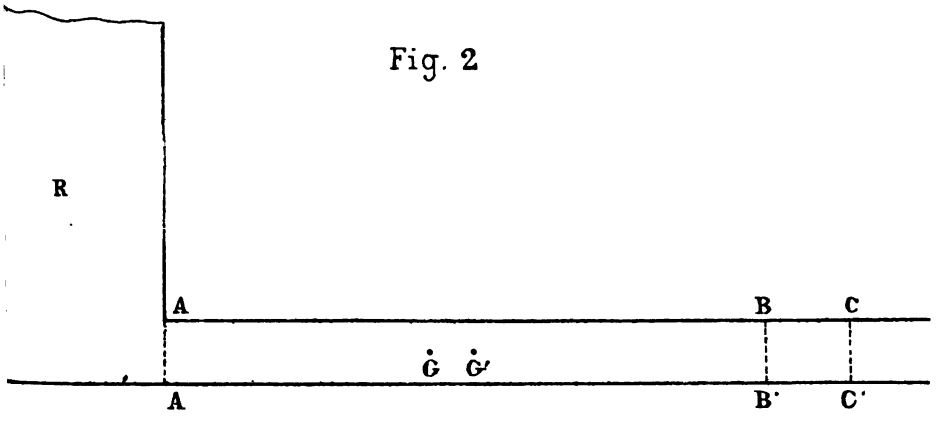
Il est facile, du reste, de le démontrer d'une autre manière, en s'appuyant sur le principe des forces vives.

Considérons, fig. 2, un réservoir ou récipient R, entretenu à une hauteur ou à une pression constante, et d'où le fluide, liquide ou gazeux, s'écoule par un tuyau horizontal, en refoulant la pression atmosphérique sous la forme d'un piston qui glisse sans frottement dans le tuyau et reste constamment dans le plan vertical.

Au bout du temps t, le piston, situé à l'origine du mouvement en AA′, a été refoulé en BB′, après avoir glissé, avec la vitesse uniforme V, sur la longueur $AB = V\,t$. Au bout du temps $t + dt$,

le piston mobile est parvenu en C C′, et a progressé de la longueur $BC = V\,dt$. Mais il est clair que le centre de gravité de la masse fluide en mouvement qui se trouvait en G au bout du

Fig. 2



temps t, et qui se trouve en G′ au bout du temps $t + dt$, n'a progressé pendant l'instant dt que de la longueur $GG' = \frac{BC}{2}$ $= \frac{1}{2} V\,dt$.

Si donc nous désignons par F la force inconnue du courant fluide, son déplacement virtuel étant $\frac{1}{2} V\,dt$, nous aurons pour l'expression du travail mécanique accompli par cette force pendant le temps t :

$$\int_o^t \frac{F V dt}{2}.$$

Ce travail étant représenté d'autre part par la force vive de la masse fluide en mouvement, au bout du temps t, laquelle a pour valeur $\frac{m t V^2}{2}$, nous aurons l'égalité :

$$\int_o^t \frac{F V dt}{2} = \frac{m t V^2}{2}. \tag{16}$$

La force inconnue F est évidemment indépendante du temps t, et ne peut être fonction que des deux constantes m et V. On peut

donc intégrer le premier membre de l'équation (16), et l'on obtient alors :

$$\frac{FVt}{2} = \frac{mtV^2}{2},$$

soit,

$$F = mV.$$

On voit ici la concordance entre la définition générale de la force et l'application du vieux principe des forces vives.

Permettez-moi, mes chers collègues, d'insister ici sur ce point important de la mécanique qui a provoqué plus d'une controverse.

Je vais me proposer maintenant de résoudre le problème suivant :

« Etant donné par l'expérience qu'une masse m, qui tombe librement dans le vide, a acquis une vitesse gt et décrit un espace vertical égal à $\frac{1}{2} g t^2$, au bout du temps t, déterminer, par le principe des forces vives, l'expression analytique de la force F, supposée inconnue, qui actionne la masse m. »

Pour ceux d'entre vous qui admettent la formule de définition

$$F = \frac{dQ}{dt},$$

le problème est résolu d'avance puisque

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{mg\,dt}{dt} = mg,$$

et que mg est bien la force de la pesanteur qui agit sur la masse m.

Mais pour ceux qui n'admettraient pas la formule de définition ci-dessus, mais qui ne sauraient mettre en suspicion le vieux principe des forces vives, le problème a sa raison d'être.

Au bout du temps t, la masse m est tombée de la hauteur verticale :

$$e = \frac{1}{2} g t^2.$$

Au bout du temps $t + dt$, cette même masse est tombée sur la hauteur supplémentaire :

$$de = gt\,dt.$$

C'est le déplacement virtuel de la force F.

D'autre part, au bout du temps t, la masse m a acquis la force

vive $\frac{mg^2t^2}{2}$, laquelle ne s'augmente, pendant l'instant dt, que d'une quantité infiniment petite.

L'équation des forces vives nous donne donc :

$$\int_0^t \mathrm{F}gtdt = \frac{mg^2t^2}{2}, \tag{17}$$

soit, en intégrant, la force inconnue F étant indépendante du temps t :

$$\frac{\mathrm{F}gt^2}{2} = \frac{mg^2t^2}{2},$$

et, en réduisant :

$$\mathrm{F} = mg.$$

J'arrive ainsi, par une application exacte du principe des forces vives, à la force mg, qui actionne les masses qui tombent librement dans le vide, de même que je suis arrivé, par l'application exacte du même principe, à la force mV, qui actionne les courants liquides et gazeux.

Il me paraît que cette concordance est de nature à dissiper les doutes, en ce qui concerne la force mV (1).

Je me propose maintenant de démontrer théoriquement, et en quelques lignes, la loi de la *double pression*, pour les fluides, liquides ou gazeux, laquelle s'exprime ainsi :

La force mV *d'un courant fluide, liquide ou gazeux, est exactement le double de la pression, exercée par le fluide, sur une soupape masquant l'orifice de sortie, la contraction de la veine fluide étant supposée nulle.*

Prenons d'abord la formule de Toricelli :

$$\mathrm{V}^2 = 2gh, \tag{18}$$

qui donne la vitesse constante V d'un courant liquide sortant d'un

(1) Dans la séance du 2 octobre 1868, où j'ai eu l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs civils, dont je ne faisais pas encore partie, une seconde communication sur la *Ventilation par l'air comprimé*, je me suis servi de la force mV pour établir les équations relatives à l'entraînement de l'air par l'air.

M. Ch. Callon a provoqué une discussion à ce sujet et soutenu que mV était une quantité de mouvement et non une force.

C'est une opinion qu'il n'était pas seul à partager.

Si cet honorable ancien Président de notre Société, que la mort a enlevé prématurément à la science de la mécanique, était encore parmi nous, peut-être reconnaîtrait-il aujourd'hui l'exactitude de ma déduction, après les considérations sur la force que je viens d'exposer. J'accepterai très volontiers, du reste, une nouvelle discussion sur ce point, car personne n'est plus que moi l'ami du progrès scientifique.

réservoir entretenu à la hauteur constante h, en contre-haut du centre de l'orifice de sortie.

Le volume écoulé par seconde, la section de l'orifice étant α, et la contraction de la veine liquide étant supposée nulle, sera αV.

Le poids de ce volume liquide sera $\alpha V \rho$, ρ désignant le poids du mètre cube du liquide.

Par conséquent, la masse m de liquide écoulé par seconde sera :

$$m = \frac{\alpha V \rho}{g}.$$

Multiplions le premier membre de l'équation (18) par m, et le second par son équivalent $\frac{\alpha V \rho}{g}$, nous aurons :

$$(19) \quad mV = \frac{\alpha V \rho}{g} \times \sqrt{2gh} \times V = \frac{\alpha \rho}{g} \times 2gh = 2\alpha \rho h,$$

ce qui démontre la loi pour les liquides, puisque $2\alpha \rho h$ est bien le double de la pression exercée par le liquide sur une soupape qui masquerait l'orifice de sortie dont la section est α.

Reportons-nous en second lieu à la formule donnée dans mon Dialogue n° 16 et que je transcris ici :

$$(20) \quad V = \sqrt{\frac{2gp}{\delta}}.$$

Elle donne la vitesse constante V d'un courant gazeux de densité δ (poids du mètre cube), qui sort d'un récipient entretenu à la pression constante p.

Cette formule est généralement admise aujourd'hui, de préférence à la vieille formule de Navier.

Le volume qui sort du récipient par un ajutage de section α, en supposant nulle la contraction de la veine gazeuse, est αV par seconde.

Son poids est $\alpha V \delta$.

Par conséquent sa masse m a pour valeur :

$$m = \frac{\alpha V \delta}{g}$$

Multiplions le premier membre de l'équation (20) par m, et le second par son équivalent $\frac{\alpha V \delta}{g}$, et nous aurons :

$$(21)\quad m V = \frac{\alpha V \delta}{g} \times \sqrt{\frac{2gp}{\delta}} = \frac{\alpha \delta}{g} \times \frac{2gp}{\delta} = 2\alpha p.$$

Ce qui démontre la loi pour les fluides gazeux, puisque $2\alpha p$ est bien le double de la pression exercée par le fluide gazeux sur une soupape qui masquerait l'orifice de sortie dont la section est α.

La loi de la pression double pour les liquides a été démontrée par Poisson, dans le deuxième volume de son *Traité de Mécanique*, page 777 et suivantes. La dernière formule de son ouvrage coïncide avec la formule (19), sauf les notations.

Nous retrouvons également la formule (19), sauf les notations, dans la *Mécanique* de Delaunay, page 517, et dans celle de Duhamel, page 309 du second volume.

Ainsi la loi de la double pression, pour les liquides, est admise par le monde savant.

Il n'en est pas de même, en ce qui concerne les fluides gazeux, et ce sujet n'a été traité par aucun des trois auteurs que je viens de citer.

Vous savez, messieurs, que j'ai établi depuis longtemps que la loi de la pression double était applicable à l'air, puisque je vous ai présenté mes calculs, avec des résultats d'expériences à l'appui, dans la séance du 2 octobre 1868.

Des objections m'ont été faites, relativement au degré de généralité que je prétendais donner à cette loi, par M. Ch. Callon et M. Love qui présidait la séance. J'en attends de nouvelles.

Mes convictions ne sont point changées depuis cette époque ; elles se sont même affermies.

Je ne vois pas d'explication plausible, en dehors de la loi de la pression double appliquée aux gaz et aux vapeurs, du fonctionnement des injecteurs d'air et de vapeur, et des terribles effets dynamiques produits par les explosions des chaudières à vapeur.

VIII

M et V constants

Dans ce cas la force F est nulle.

Premier exemple. — Une sphère a été lancée sur un plan horizontal et y roule avec une vitesse initiale V.

Il est clair que, si l'on pouvait supprimer le frottement sur le plan horizontal ainsi que la résistance de l'atmosphère ambiante, la sphère roulante conserverait indéfiniment sa vitesse initiale V, par la simple raison que la pesanteur n'a pas de composante horizontale.

En fait, la vitesse initiale V diminuera plus ou moins rapidement, comme on l'observe dans le mouvement d'une bille de billard, et finira par s'évanouir. La sphère roulante se trouve donc soumise à une force *retardatrice*, dont l'évaluation sort du domaine de la mécanique rationnelle.

Second exemple. — Deux poids égaux, suspendus par un même fil impondérable, qui passe dans la gorge d'une poulie, se font équilibre dans une position quelconque. Si on leur imprime un mouvement dans un sens ou dans l'autre, l'un des deux poids descendra et l'autre remontera, mais la vitesse des deux poids abandonnés à eux-mêmes sera nécessairement constante, puisque l'action de la pesanteur, étant la même sur les deux masses en mouvement et s'exerçant en sens contraire, sera détruite. La force sera donc nulle, comme dans l'exemple précédent.

Troisième exemple. — Considérons un volant circulaire, monté sur un arbre horizontal et d'une construction symétrique par rapport à tout plan passant par son centre.

Si on lui imprime une vitesse initiale angulaire ω, il devra conserver indéfiniment cette vitesse, abstraction faite de toutes résistances passives, attendu que la résultante des actions exercées par la pesanteur sur les diverses parties du volant passe par l'axe de rotation, et ne saurait par conséquent ni activer ni retarder le mouvement.

Le volant ne possède donc aucune force; mais une certaine quantité de travail à l'état dynamique tournant y est emmagasinée.

La valeur de ce magasin de travail est,

$$\frac{M K^2 \omega^2}{2},$$

en désignant par M et par K la masse et le rayon de giration du volant.

Supposons qu'un chef d'usine veuille se rendre compte de la quantité de travail emmagasinée dans le volant de sa machine motrice, alors qu'il fait un nombre connu de tours par seconde.

Du nombre de tours, il déduira la vitesse angulaire ω du volant.

Comme il aura pu le peser au préalable, il connaîtra la masse M.

Quant au rayon de giration K, il ne pourra l'obtenir que par un calcul géométrique, qui sera ordinairement très long et très compliqué.

Or, voici un moyen d'obtenir mécaniquement le rayon de giration K.

Il suffit d'attacher à la circonférence du volant l'extrémité d'un fil inextensible, aussi mince et aussi résistant que possible, l'autre extrémité étant attachée à une chaîne homogène massée sur un plan horizontal A B, suffisamment en contre-bas de l'axe du volant (Fig. 3).

La masse μ par mètre courant de cette chaîne est facultative et facile à déterminer.

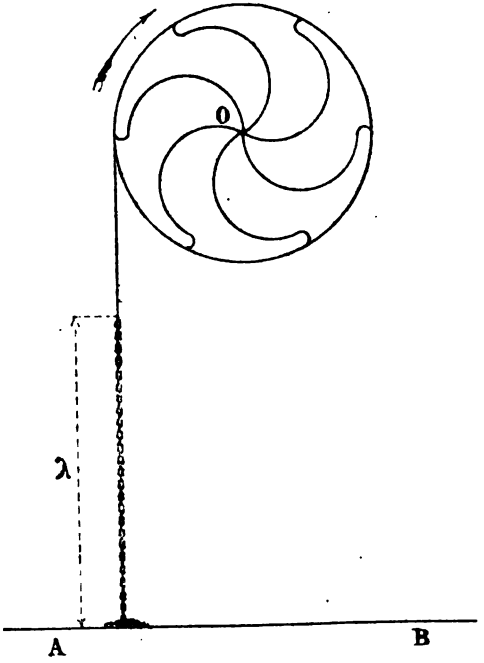


Fig. 3.

Que va-t-il se produire dans cet appareil d'un nouveau genre?

Le fil va s'enrouler sur le volant et ne tardera pas à soulever la chaîne.

Il est essentiel de remarquer que ce soulèvement aura lieu sans *choc initial* et, par conséquent, sans déperdition de travail.

Au fur et à mesure du soulèvement vertical de la chaîne, la vitesse angulaire ω du volant ira en diminuant. Elle finira par s'annuler, quand la chaîne aura été soulevée sur une certaine hauteur, λ, facile à mesurer.

Appliquons ici le principe moderne, en posant l'équation (6) :

$$S_0 + D_0 + T_0 = S_1 + D_1 + T_1.$$

Si nous ne considérons que deux époques du mouvement, celle où la chaîne commence à se soulever et celle où le volant cesse de tourner, nous aurons évidemment :

$$S_0 = o\,;\ D_0 = o\,;\ T_0 = \frac{MK^2\omega^2}{2}\,;\ S_1 = \frac{\mu g \lambda^2}{2}\,;\ D_1 = o\,;\ T_1 = o.$$

Ce qui nous donnera finalement :

$$\frac{M K^2 \omega^2}{2} = \frac{\mu g \lambda^2}{2}.$$

Nous tirons immédiatement de cette équation :

$$(22) \qquad K = \frac{\lambda}{\omega}\sqrt{\frac{\mu g}{M}}.$$

Je ne vous présente pas ce petit calcul avec la prétention d'avoir réalisé un progrès relativement à la conduite des machines fixes ; je vous le présente simplement comme un exemple assurément remarquable de la transformation du travail mécanique.

IX

Application du principe de d'Alembert à l'évaluation de la force centrifuge.

Considérons un point matériel de masse m qui décrit une circonférence r, avec une vitesse uniforme V, sur un plan horizontal.

Il est évident que ce point matériel doit être retenu dans sa trajectoire, soit par un rebord circulaire, soit par un fil passant par le centre de la circonférence qu'il décrit. Sans cela, rien ne l'empêcherait de continuer sa route en ligne droite suivant la angente.

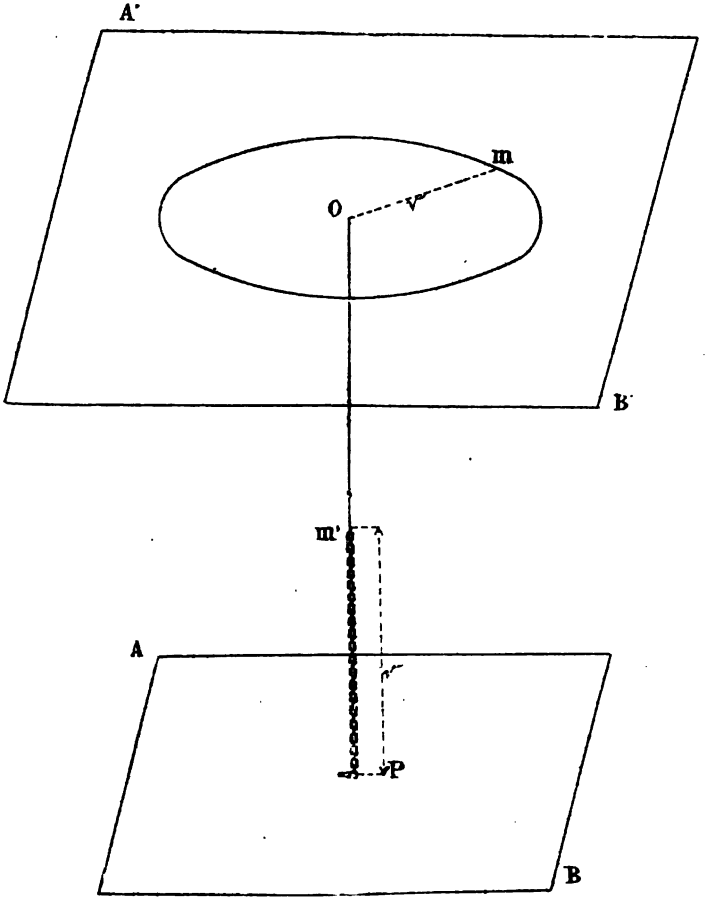
Si le point matériel mobile est maintenu par un rebord circulaire, il exercera sur cet obstacle une certaine pression à laquelle on donne le nom de *force centrifuge*.

S'il est maintenu par un fil central, il exercera sur le fil une certaine tension à laquelle on donne le nom de *force centripète*.

Il est clair que la pression sur l'obstacle circulaire et la tension du fil central sont égales entre elles, puisqu'elles sont dues à la même cause.

La force centrifuge et la force centripète sont donc aussi égales entre elles et elles ne diffèrent que par le nom.

Fig. 4.



Dans la fig. 4, le point matériel m décrit une circonférence de cercle de rayon r sur le plan horizontal A′ B′. Ce mobile est

retenu dans son orbite par un fil inextensible et impondérable, $mO\,m'$, qui passe dans la gorge d'une poulie O, mobile dans tous les sens, et tient en suspension une portion de chaîne P m' déployée verticalement.

La longueur de cette portion de chaîne est précisément égale au rayon r, et sa masse μ, par mètre courant, a été calculée de manière à équilibrer le système, quand le mobile tourne avec une vitesse donnée V.

Soit f la force centripète inconnue.

Elle exerce une tension horizontale à l'extrémité m du fil $mO\,m'$, tandis que le poids $\mu g r$ de la chaîne exerce une tension verticale, et dirigée en sens contraire, à l'extrémité m' du même fil. Or il est clair que ces deux tensions sont égales entre elles. Donc :

$$f = \mu g r. \tag{23}$$

Remarquons maintenant dans le système deux quantités de travail : la première $\frac{m V^2}{2}$, sous la forme D, et la seconde $\frac{\mu g r^2}{2}$, sous la forme S.

On comprend *a priori* que ces deux quantités de travail doivent être égales entre elles, puisque le système se maintient, pour ainsi dire, en équilibre dynamique; mais cette égalité peut être démontrée en s'appuyant sur le principe de d'Alembert.

Supposons que, par suite d'une percussion aussi petite que l'on voudra, l'extrémité m' de la chaîne, au lieu de rester absolument fixe, oscille verticalement de chaque côté de sa position d'équilibre m', et soit $\frac{\mu r u_0^2}{2}$, la force vive initiale imprimée à la chaîne,

Le mobile m, au lieu de suivre exactement la circonférence de cercle de rayon r, va décrire une courbe fermée, dont le rayon de courbure sera tantôt plus grand, tantôt plus petit que r.

Dans ces conditions, la force $\mu g r$ de la chaîne aura acquis un déplacement virtuel dr, et le mobile, dont le déplacement virtuel est $V\,dt$, aura acquis une force $\frac{m\,dV}{dt}$.

Ce qui était, pour ainsi dire, à l'état latent, passe ainsi à l'état sensible. La chaîne immobile prend un mouvement, tandis que la vitesse constante V du mobile devient variable.

On peut appliquer à ce mouvement alternatif le principe de d'Alembert, tel qu'il est exprimé analytiquement par l'équation (11), attendu qu'il y a ici une masse variable. Nous aurons alors :

$$\Sigma M g dz = \mu g r dr;$$

(la force motrice de la masse m étant nulle);

$$\Sigma M V dV = \mu r \frac{d^2 r}{dt^2} dr + mV dV;$$

$$\Sigma \frac{V^2 dM}{2} = \frac{\mu dr}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2.$$

L'équation (11) prend alors la forme suivante :

$$\mu g r dr = \mu r \frac{d^2 r}{dt^2} dr + \frac{\mu dr}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + mV dV.$$

L'intégration donne immédiatement :

$$\frac{\mu g r^2}{2} = \frac{\mu r}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{mV^2}{2}.$$

Or, le terme $\frac{\mu r}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2$ est plus petit que la force vive initiale $\frac{\mu r u_0^2}{2}$, parce que le mouvement de la chaîne est alternatif. Ce terme peut donc être négligé, puisqu'il est inférieur à une force vive initiale qu'on peut rendre aussi petite qu'on voudra.

L'équation précédente se réduit alors à :

(24) $$\frac{\mu g r^2}{2} = \frac{mV^2}{2}.$$

C'est ce que je me proposais de démontrer.

La combinaison des équations (23) et (24) me donne enfin :

$$f = \frac{mV^2}{r}.$$

C'est la valeur connue de la force centrifuge qui ressort ainsi directement du principe de d'Alembert appliqué aux masses variables en mouvement.

X

Résumé du présent Mémoire.

Ici se termine, mes chers collègues, la communication que j'ai cru devoir vous présenter dans l'intérêt du progrès de la noble science de la Mécanique.

Mon but principal était d'éclairer la question de la force, qui donne encore aujourd'hui matière à la controverse, en la présentant sous la forme générale $M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt}$, au lieu de la forme restreinte $M\frac{dV}{dt}$, qui est encore en usage dans tous les cours et traités de Mécanique.

J'en tire des conséquences nouvelles, en ce qui concerne les masses variables en mouvement, soit que la masse varie proportionnellement à son développement, comme dans le cas des chaînes homogènes, soit qu'elle varie proportionnellement au temps, comme dans le cas de l'écoulement d'un fluide, liquide ou gazeux, dont la vitesse est constante.

Vous avez dû remarquer, dans le cours de mon travail, la trace de ma sympathie pour notre grand philosophe d'Alembert.

Son principe est le premier trait de lumière projeté sur la science de la Mécanique, qui n'était de son temps qu'un véritable chaos, et qui, du nôtre, comporte encore bien des points obscurs.

Le grand analyste Lagrange l'a enveloppé, dès sa naissance, dans une équation à laquelle il a donné le nom pompeux d'Equation générale de la Mécanique. Mais le principe est plus général que l'équation.

Le principe de d'Alembert doit être considéré comme le germe du grand principe moderne de la conservation du travail transformé.

Celui-là, dont la généralité est absolue, renferme tout l'avenir de la Mécanique.

NOTE

SUR

LES POLDERS

ET

QUELQUES TRAVAUX DE DESSÉCHEMENT

DANS LES PAYS-BAS

Par M. de KONING

On aime à se figurer le paysage hollandais sous l'aspect traditionnel d'immenses pâturages parsemés de moulins à vent, non pas de l'élégante construction américaine de nos jours, mais de l'aspect plus classique des anciens adversaires de l'illustre chevalier de la Triste-Figure. Toutefois, bien que ces pittoresques résultats de l'industrie de nos ancêtres entrecoupent encore bien fréquemment les lignes horizontales de nos paysages, ils tendent à disparaître et sont bien souvent remplacés par de vilaines bâtisses à hautes cheminées cylindriques qui étonnent le voyageur, non préparé à voir de petites usines paraissant abandonnées au milieu d'une campagne, où il ne s'attend pas à rencontrer d'autre industrie que la fabrication du beurre et du fromage. C'est la force de la vapeur qui a remplacé celle du vent et qui est cause que les anciens moulins à vent sont démolis en bien des lieux et qu'en tout cas on n'en construit pas de nouveaux.

Une grande partie des Pays-Bas est située au-dessous du niveau de la mer et des rivières adjacentes, en tout cas au-dessous du niveau des hautes eaux extraordinaires. Ainsi il s'agit non seulement de protéger ces terrains par les digues et par les dunes, mais encore de les délivrer des eaux pluviales et de celles qui pénètrent à travers les digues imparfaitement étanches.

Dans les terrains très bas (il y en a qui se trouvent à quelque cinq ou six mètres au dessous des eaux environnantes) on doit pourvoir à cet épuisement durant toute l'année; il n'y a que l'eau de pluie évaporée et absorbée par les plantes, qui ne doive pas être enlevée artificiellement. Dans les autres, les eaux peuvent s'écouler dans la rivière, quand le niveau de celle-ci le permet, mais comme cette condition n'est pas toujours remplie dans les mois d'avril, de mai et de juin, quand le laboureur désire absolument faire baisser la nappe d'eau à quelques décimètres au-dessous du sol, il faut encore recourir aux machines d'épuisement, et comme le vent ne fournit pas toujours sa force motrice quand on en a besoin, on a dû recourir à la vapeur.

C'est ainsi qu'il se trouve dans le pays nombre de machines élévatoires, souvent de force considérable, qui cependant ne travaillent que quelques semaines par an, ou même restent des années entières en repos. Cette circonstance est, du reste, une grande entrave à l'application générale des machines élévatoires : les propriétaires et les fermiers préférant souvent avoir de temps en temps une mauvaise année que de dépenser une fois pour toutes une somme assez forte, sans compter les frais d'entretien, qui reviennent annuellement. Ont-ils tort ou raison dans cette manière de voir? C'est évidemment une question, qui ne peut se résoudre que séparément pour chaque cas spécial. Cependant pour donner une idée de l'extension qu'a prise l'emploi de la vapeur, on peut mentionner que, dans les Pays-Bas, il se trouve près de 500 installations servant à l'élévation de l'eau dans les polders, représentant une force totale de plus de 18 000 chevaux.

On a organisé en polders les terrains ayant les mêmes intérêts sous le rapport de la défense contre les eaux environnantes, dans lesquelles ils déversent leurs eaux superflues et qui sont entourés d'une digue commune. Il y en a des centaines d'étendue très différente, variant entre des dizaines et des milliers d'hectares : presque tous les terrains alluviaux du royaume appartiennent à quelque polder. Il y a des polders où la défense contre l'eau de la mer ou des rivières est le principal objet de l'organisation ; dans d'autres, cette dépense est d'intérêt tout à fait secondaire, les terrains étant protégés contre ces eaux par d'autres polders d'une situation plus exposée ; là on vise en premier lieu les moyens de

faire écouler les eaux pluviales par les fossés et ensuite par les écluses ou les machines élévatoires. Bien que l'organisation des irrigations rentre parfaitement dans les pouvoirs des polders, ces irrigations sont chez nous un sujet d'études presque entièrement inexploré ; toutefois, dans ces derniers temps, elles commencent lentement à attirer l'attention qu'elles méritent, même là où, durant la plus grande partie de l'année, on a plus de peine à se débarrasser de l'eau qu'à l'amener sur les champs pour en augmenter la production.

Les polders ont beaucoup d'autonomie, bien qu'ils ressortissent administrativement aux Etats Provinciaux et à leurs députations permanentes. Les propriétaires se réunissent de temps en temps, discutent leurs intérêts, émettent chacun un nombre de votes en rapport avec l'étendue de ses possessions dans le polder, nommant généralement eux-mêmes leur président et ses assesseurs (1) avec le secrétaire et le trésorier. Ils fixent le budget et la répartition des impôts, généralement de sorte que chacun paie en raison du nombre d'hectares qu'il possède. Plus rarement, comme pour l'entretien des machines élévatoires, on paie un impôt spécial, en raison de l'intérêt qu'on a dans le fonctionnement régulier de celles-ci; alors on établit des cahiers spéciaux, mentionnant toutes les parcelles avec la catégorie dans laquelle chacune d'elles est classée. Souvent des polders, bien que gardant leur autonomie en ce qui regarde leurs propres affaires, sont réunis par un lien administratif commun, formant ainsi des corporations d'une immense étendue et d'une très grande influence. Elles sont nommées Heemraadschappen ou Hoogheemraadschappen : la principale est celle de Rynland, qui a la ville de Leyde pour centre et une étendue de 92 000 hectares.

Aux machines destinées à débarrasser les polders des eaux superflues, on demande qu'elles maintiennent le niveau dans les fossés, et par cela même, la nappe d'eau souterraine de 0,50 *m* à 1,00 *m* au-dessous des terrains les plus bas ; quand il s'agit de pâturages, c'est là première limite que l'on tâche d'atteindre, tandis que dans les champs on désire généralement un niveau moins élevé. D'ordinaire les polders offrent une surface assez égale pour

(1) A moins que ceux-ci ne soient nommés par le roi, ce qui arrive dans les polders administrant des travaux de défense contre les mers et les rivières et là où avant 1795 les commissions d'administration étaient nommées par l'autorité.

que la nappe d'eau désirable pour la plus basse partie n'offre pas d'inconvénients pour la plus haute; s'il n'en est pas ainsi, il faut aviser à des moyens du reste assez faciles pour retenir les eaux dans cette dernière. Evidemment les chiffres cités n'ont pas une valeur absolue : pour les terrains plus bas que les autres, on peut souvent se contenter d'une différence de 0,10 ou de 0,20 *m* entre ceux-ci et les eaux environnantes. La question des concessions à faire dans cette direction dépend aussi de la puissance de la machine élévatoire; si, dans un cas comme celui-ci, on veut empêcher les terrains bas d'être inondés par le contenu des fossés, il est bon de construire une machine assez forte pour qu'elle puisse sûrement enlever la masse d'eau superflue dans un temps plus court que celui qu'il faut pour remplir les fossés jusqu'au bord.

La puissance désirable des machines élévatoires est réglée par la quantité d'eau à élever dans l'unité de temps et par la différence de niveau des eaux dans le polder et dans le cours d'eau où se fait le déversement. Ce dernier est quelquefois une rivière dont le niveau varie avec les saisons et avec le temps, un bassin à niveau à peu près constant, ou encore la mer ou une rivière dont le régime est sujet aux influences de la marée. Ces circonstances ont de l'influence, non seulement sur les dimensions des machines, mais encore sur le système à adopter, parce que parmi les machines en usage, il y en a qui ne sont propres qu'à une élévation de hauteur restreinte. De plus, tandis que pour les unes l'effet utile varie beaucoup avec des changements de hauteur, cela n'arrive qu'à un bien moindre degré pour d'autres; ainsi celles-ci se recommandent dans le cas de niveaux très variables et celles-là s'imposent pour les niveaux constants.

Les eaux superflues dans un polder sont :

1° Les eaux pluviales diminuées des quantités évaporées;

2° Les eaux pénètrant à travers les digues, qui retiennent un niveau d'eau plus élevé, ces digues n'étant jamais parfaitement étanches;

3° Le contenu des écluses à sas donnant accès au polder quand celui-ci est traversé par un canal de navigation.

La première quantité est la plus considérable, la troisième généralement négligeable.

Evidemment il n'est pas nécessaire de calculer la force de la

machine en vue de débarrasser les terrains de l'eau de pluie aussitôt que celle-ci est tombée. Le moment où la pluie commence à être nuisible pour la végétation dépend d'abord du degré de sécheresse du sol et ensuite de la surface totale des fossés, bassins, etc., destinés à évacuer les eaux superflues et qui présentent un réservoir pouvant être rempli, avant que celles-là ne commencent à nuire aux plantes. Le rapport entre la superficie de ce système de fossés formant réservoir et celle des terrains est d'un grand intérêt; quand ce réservoir est trop petit, on l'agrandit en creusant de nouveaux fossés; parfois sa superficie va jusqu'à un dixième de celle du polder. Il va sans dire que la superficie de l'ensemble de ces fossés ne suffit pas à créer une situation satisfaisante sous ce rapport, il faut encore que les fossés par leurs dimensions et leur position dans le polder avec la pente disponible soient à même de faire écouler les eaux superflues vers l'écluse ou la machine élévatoire qui en débarrasse les terrains.

Quant à la quantité d'eau de pluie que la machine doit pouvoir élever, l'expérience a appris que pour les cas généraux, on peut se contenter d'une force élevant la hauteur d'eau tombée dans un mois de pluie extraordinaire dans une période de même longueur. Etant donné un polder d'une superficie de P mètres carrés et une quantité de pluie extraordinaire de 0,20 *m* par mois, la machine doit pouvoir élever 0,20 P mètres cubes en un mois, ou plutôt en 25 jours, afin d'avoir une certaine marge pour les temps de réparation et de repos inévitable. Ainsi la force que, d'après ces principes, la machine doit avoir, se réduit à

$$\frac{0{,}20\ P\ H}{25 \times 24 \times 60 \times 4{,}5}$$

chevaux effectifs, H étant la différence de niveau dans le polder et au dehors. Dans les polders de peu de surface et là où la superficie totale des fossés est restreinte, il faudra adopter une machine d'une capacité un peu plus forte; dans les grands polders, on peut se contenter d'un peu moins. C'est là un peu une affaire de tact et d'expérience.

Les quantités d'eau filtrant à travers les corps des digues et entrant dans le polder par le sous-sol se dérobent à tout calcul et dépendent de la nature du sous-sol, du degré de perméabilité et des

dimensions des corps de digue et de la pression de l'eau environnante. Quand la digue est d'une bonne argile, construite rationnellement, et que la pression de l'eau ne dépasse pas quelques décimètres, cette quantité sera souvent négligeable. Si, au contraire, on a employé dans le corps de la digue beaucoup d'éléments tourbeux et sablonneux, ou si la pression de l'eau est de quelques mètres comme dans les polders formés de fonds de lacs ou d'estuaires desséchés et dans ceux qui ne sont séparés des rivières que par une seule digue dont l'eau atteint le sommet en hiver et au printemps, alors les eaux filtrantes sont très considérables et dans les temps de crue, même quand il ne pleut pas, ces polders sont entièrement inondés en quelques jours. L'énorme influence de circonstances diverses ôtant aux observations faites pour un cas spécial toute leur valeur générale, ce n'est que pour fixer les idées que je citerai une observation faite près d'une digue bien construite soutenant une pression de 3 à 4 mètres d'eau. La quantité filtrée était là 0,120 mètres cubes par seconde et par kilomètre de longueur de digue.

Les systèmes de machines élévatoires employés dans les polders des Pays-Bas sont, en premier lieu, la roue à aubes à un ou à deux tubes d'aspiration, et la pompe centrifuge, système anglais ou allemand; comme exception, la pompe centrifuge à axe vertical.

En second lieu viennent :

1° la pompe-Fynje;
2° la roue-pompe;
3° la pompe ordinaire aspirante ou aspirante et foulante;
4° la vis d'Archimède.

Les premières forment la grande majorité des constructions de ce genre.

Les *roues à aubes* trouvent leur application la plus utile avec les élévations inférieures de 1,50 mètre, bien qu'on n'ait pas à se tenir rigoureusement à cette limite; on est même allé jusqu'à 3,60 mètres. Elle se recommandent plus spécialement là où les niveaux sont à peu près constants; ce qui s'explique par la circonstance, que leur plus grand effet utile est atteint, lorsque l'angle que la palette entrante fait avec l'eau dans le polder est égal à l'angle que fait la palette sortante avec l'eau extérieure. Ainsi,

quand la roue est construite pour certains niveaux, elle perd de son effet utile quand ceux-ci se déplacent.

Les roues à aubes sont d'ordinaire de fortes constructions en fer avec des palettes en bois ou en fer, plates (fig. 1, 2 et 3, pl. 154), ou courbées (fig. 4, pl. 154); elles se meuvent entre des murs en briques, bâtis avec soin, de sorte que l'espace libre entre la roue et le mur est extrêmement restreint. On donne souvent à ces roues de grandes dimensions; ainsi il y en a à Katwyk (fig. 1, pl. 154), six de 9 mètres de diamètre avec 2,45 *m* de largeur, chacune montant 150 m^3 par heure à la hauteur de 1,25 *m*. A Zeeburg, près d'Amsterdam, il y en a huit de 8 *m* de diamètre sur 3,25 *m* de largeur (fig. 2, pl. 154), il y en a qui vont jusqu'à 10 et 12 *m* de diamètre. Les roues sont généralement fixées sur les essieux, de manière qu'on peut les accoupler à volonté; ainsi on se sert à la fois d'un nombre correspondant au besoin. La vitesse qu'on donne à ces grandes roues n'est pas très grande, souvent à peu près 2 *m* par seconde à la circonférence; aussi il faut une transmission de la force de la machine à vapeur sur l'essieu des roues, transmission obtenue par un engrenage dans le rapport de 1/8 à 1/12.

Les *pompes centrifuges* dans leurs diverses applications sont trop connues pour qu'il soit nécessaire d'insister ici sur leur théorie ou leur mode de fonctionnement. Elles sont dans les polders des Pays-Bas d'un usage très général dans les dimensions les plus variées. Parmi les plus grandes, il y en a trois dans le polder Hymers (prov. de Gueldre) : le diamètre de la roue est de 1,75 *m*, l'ouverture des deux tuyaux d'aspiration 0,85 *m*, des tuyaux de refoulement 1,20 *m*. Quand la différence de niveau est de 2,50 *m*, chaque pompe monte par minute 140 m^3; avec une différence de niveau de 4 *m*, cette quantité est de 100 m^3; le nombre de tours est de 95 à 106 par minute (fig. 6, pl. 154).

Les pompes centrifuges offrent quelques facilités de pose, qui manquent aux roues à aubes; aussi l'emploi en est-il très fréquent pour les niveaux variables et pour de grandes hauteurs. Cependant il y a quelques constructeurs qui n'en recommandent pas l'emploi, parce que leur fonctionnement demanderait trop de combustible. Cette objection n'est cependant pas bien justifiée, ni par la théorie, ni par l'expérience, pour peu qu'on n'emploie pas la première pompe venue, mais bien une pompe dont les éléments de

construction soient en concordance avec la nature du travail à faire.

Quant aux expériences qui devraient être comparatives, il n'en est pas sorti un résultat bien concluant, parce qu'il est à peu près impossible de faire fonctionner diverses machines dans des circonstances parfaitement identiques.

Dans quelques pompes centrifuges, la force est directement transmise par la machine à vapeur sur l'axe de la roue; dans d'autres, la transmission se fait en général par une courroie.

Les pompes centrifuges à axe vertical (fig. 7 et 8, pl. 154) n'ont été mises en œuvre que dans les machines d'épuisement à Schellingwoude. Les résultats n'ont pas été très satisfaisants sous le rapport de l'économie de l'exploitation.

La *pompe Fynje* consiste en un corps de pompe vertical, garni de clapets sur sa paroi, et dans laquelle se meut un piston dans un cylindre spécial. A chaque mouvement du piston, une quantité d'eau est aspirée dans le corps de pompe, tandis qu'une égale quantité est refoulée dehors. La pompe fonctionne régulièrement, sans secousse et à grand effet utile. Le seul inconvénient qui lui soit propre, consiste dans la nécessité de la tenir plongée entièrement au-dessous du niveau de l'eau dans le polder. Cet inconvénient a deux conséquences fâcheuses : d'abord il exige des fondations extrêmement profondes, et par conséquent très coûteuses ; secondement l'instrument entier doit être mis à sec, aussitôt qu'il y a quelque avarie aux clapets. Ces deux circonstances sont une entrave sérieuse pour la pompe Fynje, dans sa concurrence avec les pompes centrifuges et autres. Aussi, dans les dernières années, on n'en a plus construit.

Dans les premières pompes de ce système, le piston recevait son mouvement d'une machine à balanciers ; plus tard, on y a appliqué d'autres machines à vapeur. Aussi l'inventeur, l'ancien inspecteur en chef du Waterstaat, M. Fynje van Salverda, s'occupe-t-il encore à perfectionner son invention, d'abord en ce qui concerne la forme des clapets, ensuite au point de vue de l'installation du corps de pompe, pour lequel, dans les dernières années, il a proposé une position horizontale.

La *roue-pompe* (fig. 10 et 12, pl. 155), inventée par M. Overmars (1868), est une modification de la roue à aubes. Les palettes courbes

sont appuyées sur un tambour étanche, tournant autour d'un axe horizontal. L'inventeur croyait ainsi, avec certaines dispositions de détail, joindre les avantages de la roue à aubes à ceux de la pompe ordinaire. Le tambour étanche permettrait de monter l'eau jusqu'à un niveau supérieur à celui de l'axe, de sorte que dans une situation déterminée, une roue de diamètre inférieur suffirait. Bien qu'on ait construit quelques roues-pompes, les résultats n'ont pas entièrement répondu à ce qu'on en attendait. Fonctionnant à petite vitesse, la roue-pompe, par ses grandes dimensions, est inférieure à une bonne pompe, tandis que, si la vitesse est grande, la roue à aubes offre des avantages sous le rapport de la résistance dans l'eau même. Néanmoins on les construit de temps en temps : un exemple en est fourni par la machine d'épuisement de Mastenbroek (fig. 10, pl. 155).

Les *pompes aspirantes ordinaires* n'ont pas obtenu chez nous une application très fréquente, mais elles ont rendu des services excellents dans un cas fort extraordinaire, c'est-à-dire pour l'épuisement du lac de Harlem (fig. 11, pl. 155), la plus grande entreprise de ce genre dans les Pays-Bas au XIX^e^ siècle. Ces pompes ont un très grand effet utile.

Ensuite c'est le système de *pompes horizontales aspirantes et foulantes*, qui a été appliqué dans des cas divers, surtout là où les différences de niveau sont plus ou moins considérables. Dans toutes ces pompes cependant, les clapets forment la partie faible de la construction, parce que ceux-ci se détériorent aisément. Avant l'application du caoutchouc pour les assises de clapets, on était de plus forcé à faire marcher les pistons très lentement pour éviter le choc très fort des clapets en métal sur leurs assises, ce qui, en bien des cas, rendait difficile une disposition favorable de la machine. Malgré leurs effets utiles, elles n'ont pas encore supplanté les roues à aubes et les pompes centrifuges ; sur les pompes Fynje elles ont l'avantage de ne pas se trouver complètement sous l'eau ; ainsi, en cas d'avaries, la réparation donne moins d'embarras; de plus, elles n'exigent pas de fondations aussi profondes et par suite aussi coûteuses.

Les *vis d'Archimède* étaient d'une application fort générale au temps des moulins à vent, et quand ceux-ci ont été remplacés par les machines à vapeur, les vis avaient l'avantage de la tradition.

On ne peut les utiliser que là où le niveau supérieur n'est pas sujet à beaucoup de changements (en général pas plus de 0,50 *m*) ; le point d'appui inférieur se détériore facilement par le frottement et peut être une entrave sérieuse pour l'approche facile de l'eau du polder. Quand il y a une grande différence de niveau à surmonter, les arbres autour desquels elles tournent doivent avoir une grande longueur, ce qui cause une certaine flexion et un frottement nuisible de la circonférence de la vis sur la paroi qui la renferme. Malgré ces désavantages, on les a construites assez souvent et à des diamètres considérables (plus de 2 *m*). Dans le polder Prince Alexandre, près de Rotterdam, la différence de niveau qu'elles surmontent est de 4,5 *m* (fig. 9, pl. 154).

Bien qu'il soit toujours nécessaire, en faisant le choix d'une machine élévatoire, de considérer les frais d'exploitation à côté des frais de construction, il faut souvent se garder d'exagérer les conséquences qui en résultent. Il ne faut pas perdre de vue que, comme je viens de le faire remarquer, bien des machines ne sont en activité que pendant quelques jours de l'année. Pour celles-là il faut bien se garder de sacrifier la simplicité de la disposition et des machines au désir de gagner quelques hectolitres de charbon. Aussi les mécaniciens préposés à ces machines ne sont pas toujours des plus capables dans leur métier; les administrations ne veulent pas toujours payer des salaires qui conviendraient à un mécanicien de premier ordre. Par une certaine parcimonie à cet égard, elles se causent souvent des dommages; il est prudent d'en diminuer les chances d'avance.

J'ai connu des établissements où l'on avait installé des chaudières tubulaires afin de gagner quelques mètres carrés dans la superficie du bâtiment et où l'on a dû les remplacer après deux ou trois années de service par des chaudières système Cornouailles (d'ailleurs fort usitées pour ce genre de machines), parce que le mécanicien inexpérimenté avait complètement détérioré les tubes. Aussi les systèmes compliqués et ingénieux de régulation de la vapeur, etc., sont très recommandables pour les grands établissements fonctionnant pendant la plus grande partie de l'année avec des mécaniciens capables, mais elles ont peu d'intérêt pour les polders, ne faisant usage de leur machine que rarement. C'est là surtout, comme je l'ai dit, que le constructeur doit tâcher d'atteindre la

plus grande simplicité, même au prix de quelques autres avantages.

Quoique les premières applications de la vapeur aux épuisements des polders datent des dernières années du siècle passé, elles ne se sont généralisées que bien des années plus tard. C'est le dessèchement du lac de Harlem, qui ouvre une ère nouvelle en cette matière.

Les grands desséchements dans les Pays-Bas datent du dix-septième siècle : à cette époque, une grande partie de la Hollande septentrionale fut transformée de l'état de lacs dangereux pour le voisinage en pâturages d'une fertilité sans pareille. Dans ce temps-là déjà le lac de Harlem avait attiré l'attention des ingénieurs qui n'auraient pas craint d'entreprendre un tel ouvrage avec les moyens restreints que leur offrait le vent seul pour mettre leurs moulins en mouvement. De cette époque datent les premières demandes de concession et les premiers projets de dessèchement, bien que ce ne soit qu'à notre siècle, que l'honneur ait été réservé de mettre fin aux ravages et aux incessantes irruptions de ce lac dans les terrains adjacents.

Ces ravages dans le sol tourbeux n'étaient pas de peu d'importance : l'étendue du lac ayant augmenté en trois siècles de 8615 à 18 000 hectares. Les travaux d'empierrement et de clayonnage sur les bords étaient énormes : quand on commença le dessèchement, les matériaux ayant servi à ces travaux furent vendus au prix de 108 000 florins.

En 1837 le Gouvernement nomma une commission pour aviser aux moyens à mettre en œuvre afin d'arriver au dessèchement complet du lac et pour calculer les frais qu'entraînerait une telle entreprise. Dans cette commission, la question de la force motrice à employer fut largement débattue. A la fin les partisans de la vapeur l'emportèrent, et il fut décidé qu'on érigerait trois différentes installations de 350 chevaux chacune, dans lesquelles des pompes aspirantes de construction nouvelle verseraient le contenu du lac dans les eaux environnantes d'où elles découleraient dans l'Y, le grand estuaire du Zuyderzée et dans ce temps-là en libre communication avec elle.

Avant qu'on pût faire fonctionner ces machines, il fallait entourer le lac d'une digue, longue de plus de 26 kilomètres, ce qui était un ouvrage assez difficile dans un sol qui offrait très peu de résis-

tance à côté d'une surface d'eau, qui serait bientôt abaissée jusqu'à cinq mètres au-dessous du niveau des terrains environnants. En dehors de cette digue se trouvait un canal de ceinture qui desservait les besoins de l'épuisement des eaux et de la navigation qui avait sur le lac une certaine importance.

Des trois machines, la première commença son travail en juin 1848, les deux autres en avril 1849 ; le 1er juillet 1852, elles avaient fini leur travail. Pendant ce temps-là elles ont dû chômer pendant 210 jours afin de ne pas nuire aux terrains environnants. Après avoir monté 800 millions de mètres cubes d'eau, le desséchement avait parfaitement réussi.

Après avoir creusé les grands cours d'eaux dans le polder, on a vendu 17 000 hectares de terrains, qui ont rapporté 8 millions de florins. Les frais du desséchement s'étaient élevés à 14 millions, dont plus de 4 millions d'intérêts sur les fonds dépensés.

Le lac de Harlem, autrefois si redouté, maintenant sillonné par de bons chemins, débarrassé des eaux pluviales superflues par les excellentes machines qui ont servi à son desséchement, est devenu un centre d'activité agricole où une population de 15 000 âmes prospère sur un sol fertile. Le desséchement a eu pour effet l'exécution d'autres travaux de ce genre, qui, malheureusement, n'ont pas tous aussi bien réussi ; mais en premier lieu il a donné l'exemple de l'application de la vapeur dans une direction où, jusque là, on n'avait encore fait que de timides essais. Les deux machines élévatoires pour les polders, existant en 1837, ont atteint de nos jours le chiffre cité plus haut. De plus, le desséchement du lac de Harlem a fait entrevoir la possibilité d'une autre œuvre dans ce genre, rêvée depuis par les esprits ingénieux et entreprenants : le desséchement du Zuyderzée.

Je finirai cette courte notice par une communication sur la nature de quelques questions qui se posent à propos de ce desséchement et les chances qu'il a d'être définitivement entrepris.

Le Zuyderzée est une mer intérieure qui s'est formée au commencement de notre ère par une irruption de la mer du Nord dans la direction de l'ancien lac Flévo. La nouvelle mer pénétra de tous côtés dans le pays et remplit les terrains bas ou bien se réunit aux lacs existants, faute de digues suffisantes. Plus tard elle a été rétrécie jusqu'à la forme qu'elle a actuellement.

Au sud, à l'ouest et à l'est, elle est contenue dans son bassin par d'énormes digues et des dunes pour une partie insignifiante de sa circonférence ; au nord elle est limitée par une rangée d'îles, ayant fait partie autrefois du continent. Entre ces îles se trouvent des détroits par lesquels les eaux de la mer du Nord pénètrent dans le bassin. Par cette raison, les détroits où passe la plus grande quantité d'eau à chaque marée sont devenus très profonds et l'un d'eux a, par cela même, assuré sa position exceptionnelle de port de mer, j'ai nommé le Helder, une de nos plus fortes positions stratégiques.

La quantité d'eau pénétrant dans le Zuyderzée à chaque marée, est énormément influencée par les vents. Les tempêtes venant du nord-ouest causent souvent d'énormes dégâts aux travaux de mer qui lui sont opposés.

C'est ainsi que dans tous les projets présentés pour le desséchement de la mer, on s'est proposé un double but : celui de gagner du terrain pour le mettre en culture et de gagner sur les frais énormes d'entretien des digues qui protègent le pays.

Le premier projet sérieux pour le desséchement date de 1848 et est dû à M. van Diggelen, alors ingénieur du Waterstaat. Il embrasse à peu près la mer entière, telle qu'elle est limitée par les îles (fig. 13, pl. 155); toutefois la position du Helder pouvait être maintenue. La digue terminée, le niveau s'abaisserait par cela même de 1,25 *m*, ce qui mettrait à sec bien des terrains propres à la culture. Les eaux fluviales découlant jusqu'ici dans le Zuyderzée, seraient conduites par de larges cours d'eau autour du polder, et par d'autres nouvelles voies vers les écluses, et devraient être élevées en grande partie artificiellement dans la mer du Nord.

La question de la dérivation des rivières est le côté faible du projet van Diggelen et même le rend impossible dans la forme proposée. La plus considérable des rivières est l'Yssel, une des branches du Rhin, destinée à conduire vers la mer la neuvième partie des eaux de ce fleuve, bien que dans des circonstances spéciales son débit s'élève au double de cette portion. On a calculé que la quantité d'eau se déversant à chaque seconde dans le Zuyderzée peut s'élever à 4 500 mètres cubes ; il n'y a pas besoin de dire que les frais pour épuiser de telles masses seraient immenses.

Aussi la grande distance de l'embouchure de l'Yssel aux écluses exige une différence de niveau assez grande, de sorte que le niveau de cette rivière monterait, au détriment du pays environnant. Et encore, si l'on pouvait faire écouler les eaux de rivière par les écluses, il n'en serait pas de même pour les glaces transportées en grandes masses par les rivières.

A ces considérations s'ajoute la circonstance que le fond de la partie septentrionale du Zuyderzée est entièrement sablonneux, de sorte que le terrain gagné ne vaudrait qu'en partie les sacrifices qu'il aurait coûtés, et que dans cette partie il ne resterait que la satisfaction d'avoir amélioré la condition de quelques digues, tandis que la construction et le maintien de la nouvelle digue donneraient lieu à des difficultés presque insurmontables.

Cependant l'écrit de M. van Diggelen a attiré l'attention des autorités sur ce sujet, et l'on commença généralement à s'occuper de cette question : c'est sur l'initiative du gouvernement qu'un nouveau projet a été dressé en 1866 par l'Ingénieur en chef M. J.-A. Beyerinck, extrêmement compétent en cette matière, ayant pris une part active à tous les grands desséchements de ce temps, même avant celui du lac de Harlem. Ce projet a été modifié plus tard dans ses détails et a servi de base au projet Stieltjes, qui a failli être réalisé avec quelques modifications qu'y avait apportées d'abord une commission gouvernementale, et plus tard, le gouvernement.

D'après ces projets l'embouchure de l'Yssel est exclue du polder (fig. 14, pl. 155), de sorte qu'il ne s'agit plus que du desséchement de la partie méridionale, ce qui simplifie les travaux, et par cette disposition presque tous les terrains gagnés sont propres à la culture.

Dans le projet Stieltjes la digue principale aurait la direction Ekhuizen-Urk (embouchure de l'Yssel). Sa hauteur serait de 5 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer aux étiages (c'est le niveau normal pour les Pays-Bas, désigné par les lettres A. P. = Amsterdamsch peil). Sa longueur serait de 39 kilomètres, la surface du polder de 196 000 hectares, dont 178 000 propres à la culture. Les écluses pour l'écoulement des eaux auraient une largeur totale de 140 mètres. La surface desséchée serait divisée en polders, ayant chacun ses moyens d'épuisement des eaux superflues, qui seraient versées dans un réservoir général, formé par les canaux principaux et des terrains réservés à cette destination ; il aurait un niveau de

0,40 *m.* — A. P., ayant libre communication avec le canal d'Amsterdam à Ymuiden et pourvu de grandes installations pour le montage des eaux dans la mer, avec une puissance totale de 1 150 chevaux. Les frais de cette entreprise furent calculés à 123 millions de florins, sans compter les intérêts du capital de construction durant 12 ou 14 années.

Sur les bases de ce projet, une Société, qui s'était constituée à ce dessein, demandait à l'Etat la concession pour le desséchement de la partie méridionale du Zuyderzée. Elle s'était mise en rapport avec la Société de Dépôts et de Comptes courants à Paris, sous les auspices de laquelle se constituerait une Société définitive pour entreprendre ce grand travail. L'Etat y prendrait part en payant un subside de 43 750 000 florins. Le gouvernement, cependant, n'a pas cru qu'il fût de l'intérêt général d'accorder une concession aussi importante à une Société particulière et a pris lui-même l'affaire en mains. En 1877 il présenta un projet de loi pour le desséchement en question, accouplé à quelques travaux de navigation intérieure. Des événements étrangers à ces intérêts, cependant, forcèrent le ministère à donner sa démission, le projet de loi fut retiré et il n'en a pas été présenté de nouveau.

Ainsi, une question brûlante qui avait mis tant de plumes en émoi, semblait aboutir à rien, quand un des membres des Etats-Généraux, M. Buma, proposa dans la Seconde Chambre d'ouvrir une enquête sur la possibilité d'endiguer la mer entière, comme on l'avait voulu faire, avant que les difficultés, causées par les eaux de l'Yssel, eussent été mises en lumière. Cette idée fut vivement combattue dans la Chambre, dans les réunions des techniciens et aussi dans la presse : on jugeait généralement peine perdue, de faire une enquête sur une question qui avait été résolue négativement après le projet van Diggelen. La conséquence de ce renouvellement de la lutte fut. en premier lieu, que le projet de loi Buma fut retiré, mais ensuite que sur l'initiative de ce député et d'autres personnages influents, une Société fut constituée dans le but de faire l'enquête en question. Les fonds de cette Société consistent en des subsides de particuliers et de caisses provinciales et communales. Elle a nommé deux Ingénieurs compétents : M. van der Joorn et M. Lely, qui s'occupent exclusivement des côtés multiples de cette question, mais qui n'ont pas encore eu

le temps de faire connaître définitivement leur opinion sur cette intéressante matière.

Il faut encore relever que dans les dernières années, de temps en temps des voix se sont fait entendre, réclamant les endiguements partiels. Ceux-ci auraient l'avantage de ne pas demander des capitaux énormes à la fois, tandis que les terrains desséchés pourraient être vendus à meilleur prix que si l'on offrait 175 000 hectares en peu d'années. C'est surtout M. Huet, l'auteur d'un volume intéressant sur les travaux de dessèchement (1), qui est le partisan de cette idée.

En concluant, je dois présenter mes excuses aux membres de la Société des Ingénieurs civils, de ce que j'ai tâché de traiter en quelques pages des questions aussi compliquées et aussi étendues. Je crains bien d'avoir mérité le reproche d'avoir traité d'un sujet important très superficiellement. Pour m'excuser, je n'ai qu'à faire observer que mon intention n'était autre que de donner une idée générale des questions se rattachant aux travaux de dessèchement dans mon pays et d'éveiller pour ce sujet quelque intérêt en France, où peut-être il y a encore des contrées dont la productivité agricole pourrait être augmentée par des travaux de dessèchement judicieusement appliqués.

Nimègue, septembre 1887.

---

(1) *Stoombemaling van polders en boezems*, door A. Huet (La Haye, 1885, avec atlas). M. Huet a offert un exemplaire de cet ouvrage à la Bibliothèque de la Societé des Ingénieurs civils. Les dessins accompagnant cette étude sont tirés en partie de l'ouvrage de M. Huet, qui donne d'amples informations au sujet des machines d'épuisement, leur installation, etc.

RÉSUMÉ

D'UNE

NOTE SUR UN SYSTÈME D'ÉCLISSE

DITE

ÉCLISSE PASSE-JOINT

PAR

M. CAILLÉ

Nous avons à décrire un système d'éclisse que nous dénommons *Éclisse passe-joint*. Cette éclisse est destinée, comme son nom l'indique, à remédier au choc qui se produit au passage des véhicules sur les extrémités des rails.

Nous ne savons s'il a été donné de ce choc une explication satisfaisante. Celle que nous proposons est fondée, d'une part, sur le défaut de rigidité de l'éclissage actuel, et de l'autre, sur un fait dont nous avons essayé déjà de démontrer la réalité. Ce fait est celui du mouvement général et normal que prennent les voies et le ballast sous l'influence d'un roulement accéléré.

La majeure partie de cette note est employée à cette démonstration. Nous l'appuyons, d'abord, sur les résultats de toutes les expériences faites, jusqu'ici, sur la flexion des rails; en second lieu, sur les conditions qui se sont imposées et auxquelles il a été satisfait, pratiquement, dans l'installation des voies actuelles; enfin, sur l'analyse des mouvements des voies et la recherche des causes de leur fonctionnement relativement régulier.

Conditions de l'établissement des voies.

Les conditions de l'installation des voies semblent pouvoir être déduites, ainsi qu'il suit, de l'emploi prolongé du type des voies actuelles et de l'expérience de tous les types.

Les voies de fer sont destinées à faciliter la marche des véhicules, à supporter et à diriger des trains lourds et rapides. Elles doivent présenter au roulement des surfaces unies et régulières. Telle est la première condition.

On sait, d'autre part, que l'allure des machines n'est pas rectiligne, que les surfaces des roues ne peuvent rester unies et uniformes. Puisque ces défauts sont inévitables, le roulement doit rester ce qu'il est, cahotant, irrégulier; la marche des véhicules ne peut être accélérée sans bruit, sans trépidations, sans secousses violentes, sans ébranler la voie et faire trembler le sol. L'appareil de voie doit donc être considéré comme un appareil à chocs, à secousses, comme une fondation de pilon, de laminoir, comme un pont métallique. Mais, cet appareil, en raison de sa longueur, ne peut être établi, comme un appareil à chocs ordinaire. Il est impossible, économiquement, de lui donner l'assiette, la masse, l'inertie nécessaires pour assurer sa résistance. Cet appareil ne peut, dès lors, être préservé de la destruction que par le mouvement et l élasticité. L'appareil de voie doit donc être, essentiellement, mobile et élastique. Telle est la seconde condition.

Par les mêmes motifs, l'appareil de voie ne peut être constitué de façon à absorber, à amortir par son élasticité propre les secousses et les chocs dont il est affecté. Il ne peut être établi, ni sur un mur, ni sur une matière résistante. Il lui faut, sous peine d'être placé entre le marteau et l'enclume, une fondation malléable, mobile ou élastique. Or, la fondation la plus économique, en ce genre, et la plus naturelle est donnée par le sol lui-même. L'appareil de voie reposera donc sur le sol ou, mieux encore, sur le sol assaini, c'est-à-dire sur le sable, ou sur la pierre cassée. Telle est la troisième condition.

Mais, dans cette situation, ledit appareil est voué à l'instabilité, exposé à se dérégler et à se disloquer, sujet à des réparations fréquentes. Il faut donc qu'il soit solide, et néanmoins facile à décomposer et à reconstituer; c'est-à-dire qu'il faut, dans la constitution de l'appareil de voie, remplir les conditions les plus opposées, s'efforcer de concilier ce qui paraît inconciliable : la liberté des mouvements et la régularité ; la simplicité de l'agencement et la solidité.

On comprend qu'un tel problème n'ait reçu qu'une solution ap-

prochée, et, en apparence, au moins imparfaite. L'appareil de voie manque, en effet, à la fois de stabilité, de régularité, de poids, de rigidité, d'uniformité, de précision dans l'assemblage des matériaux qui le composent. Ces défauts, il faut bien l'admettre, sont commandés par sa situation et nécessaires pour assurer sa conservation. On doit remarquer, en outre, la disproportion qui existe entre le poids, la résistance propre de l'appareil et l'énormité des charges qu'il a à supporter. Sa résistance effective provient donc, en grande partie, de la résistance que le ballast oppose à ses mouvements. Mais, si l'on s'explique que l'appareil puisse échapper ainsi à l'écrasement et à la destruction, on comprend moins aisément que ledit appareil conserve son apparente stabilité, quelque intenses et irrégulièrement répartis que soient les efforts auxquels il est soumis, quelle que soit aussi la nature et la composition du ballast ; quelle que soit, enfin, l'influence exercée sur le roulement par les imperfections de l'appareil lui-même. C'est ce qui nous porte à croire que l'appareil ne se meut pas seulement sous l'influence de causes accidentelles et locales telles que les secousses et les chocs, mais aussi sous l'influence d'une cause générale, permanente et dont l'effet est d'étendre et de régulariser l'action des précédentes.

Cette cause résulte, selon nous, des vibrations communiquées aux rails et à la voie tout entière sous l'influence du roulement.

Comme il est dans la nature même des vibrations de se propager instantanément, ces vibrations se transmettent immédiatement aux traverses d'un bout à l'autre de chacun des rails. Elles ont pour effet de mobiliser le ballast avant l'arrivée de la charge, de le rendre pénétrable, et par suite de dégager l'appareil et de lui permettre de se mouvoir dans tous les sens.

La situation de l'appareil, ainsi mobilisé, peut alors se comparer à celle d'un appareil de voie flottant, d'un appareil dont les appuis seraient disposés comme des pontons, pour la traversée d'un cours d'eau, avec cette différence, toutefois, que l'eau se déplace d'une façon absolument mobile, tandis que le ballast ne se déplace qu'à la faveur du poids et des vibrations du corps dont il subit le contact, et ce mouvement est à la fois mobile et permanent.

Cette assimilation permet de comprendre que les chocs, quelque inégalement distribués qu'ils soient, ne fassent qu'accroître la

mobilité de l'appareil et celle du ballast, et s'amortissent par le déplacement de ce dernier. Elle explique également que l'appareil se trouve préservé, en partie au moins, de l'effet des secousses par cette même mobilité du sol, par la solidarité de résistance qui s'établit ainsi entre tous ses organes, par la propagation des mouvements que ces secousses lui impriment, et par la résistance croissante que le ballast oppose à ces mouvements.

Flexion des rails à grand rayon.

On pourra déduire, enfin, de cette comparaison, que, sous l'action d'une charge vive, et dans des conditions normales, le plan des voies s'ébranle et s'abaisse progressivement, et non brusquement, sauf aux joints; qu'en dehors des joints, aucun point de la voie n'est franchi, sans qu'en ce point les rails ne se soient infléchis à l'avance et ne se soient placés, sans secousse, dans la position qu'ils doivent occuper sous la charge.

Flexion des rails entre les traverses.

Nous ne pouvons omettre de mentionner ici le fait de la flexion des rails entre les traverses, fait que les intéressantes expériences de notre collègue, M. Couard, ont clairement établi. On remarquera que la flexion des rails à grand rayon dont il vient d'être question, n'exclut pas celle des rails entre les traverses. Le ballast, en effet, se mobilise tout d'abord et les rails fléchissent dans leur longueur; les traverses s'immobilisent ensuite et alors les rails peuvent fléchir entre les traverses.

Nous avons, maintenant, à rechercher les causes du choc qui se produit sur les points de jonction des rails.

Si l'on assiste de près au passage d'un train, on perçoit clairement qu'une perturbation du roulement se produit à chaque passage de roue sur les extrémités des rails. Si l'on circule en wagon, ces perturbations se traduisent par d'incessantes secousses, dont l'effet est celui d'un choc reçu dans le sens vertical, et dont le bruit domine tous ceux qu'engendre le roulement.

Il s'agit là, comme on le sait, d'un défaut originel, d'un vice de constitution inhérent aux voies de tous les types, même aux voies sur longrines. Les désordres qui résultent de ce défaut dans les voies actuelles sont : l'agitation anormale et le débourrage des traverses dans le voisinage des joints, l'affaissement de la voie en ces mêmes points, le desserrage des boulons et la dislocation de l'éclissage ; enfin, le déplacement longitudinal des rails.

Nous ne pourrions, sans allonger cette note outre mesure, indiquer ici les conséquences de tous ces défauts ; nous passerons donc immédiatement à l'examen des causes du choc qui les produit.

Causes du choc au passage des joints.

On sait que l'une de ces causes résulte du défaut de rigidité de l'assemblage des rails entre eux, défaut qu'aucune disposition de l'éclissage n'a pu corriger jusqu'ici.

La seconde provient, selon nous, du mouvement général des voies et de la flexion des rails.

Si l'on veut bien admettre que le ballast, dans son état normal, se comprime et se déplace sous la double influence de la charge et des vibrations qui accompagnent le roulement ; que le plan des voies, obéissant à ce mouvement, s'abaisse progressivement et s'aplanit en avant de la charge par le fait de la rigidité des rails et du rapprochement des traverses ; si l'on veut bien admettre, en un mot, que les rails fléchissent dans leur longueur avant de fléchir entre les traverses, il devient facile de s'expliquer le choc qui se produit aux joints.

On reconnaîtra, en effet, que l'abaissement des rails ne peut se propager, en avant de la charge, qu'autant que les files de rails présentent en tous leurs points la même rigidité. Si cette rigidité fait défaut dans l'assemblage des rails entre eux, leur inflexion doit s'interrompre à tous les joints. Il résulte de là que chacun des rails se meut isolément et se mobilise brusquement au premier contact de la charge. Or, cette mobilisation instantanée entraîne nécessairement une réaction et conséquemment un choc.

Ce choc se produit, comme on le sait, à des vitesses très mo-

dérées, comme à grande vitesse. Il s'explique, à petite vitesse, par la simple et brusque compression du ballast et, à grande vitesse, par le double effet de la compression et des vibrations.

Les conséquences de ce choc étant différentes suivant le mode d'appui employé pour les joints, nous examinerons successivement le cas où les joints sont soutenus par une traverse de joint, celui où les joints sont croisés, et enfin le cas où les joints sont placés en porte-à-faux.

Cas des joints soutenus.

Dans le premier cas, on remarque que la traverse de joint est la seule qui ne puisse s'abaisser normalement sous la charge. Elle se maintient à un niveau plus élevé que les autres et constitue une série de points fixes, ou relativement fixes, sur lesquels les rails s'appuient par leurs extrémités. Les voies posées sur traverses de joint forment donc des ondulations dont les sommets se trouvent aux joints, ce qui inflige aux véhicules une oscillation dans le sens longitudinal, autrement dit, un mouvement de tangage.

Il résulte aussi de la fixité relative des traverses de joint que le rail en charge s'établit en rampe à son extrémité d'aval et qu'à la sortie de cette rampe la charge tend à sauter par-dessus le joint. Comme nous le verrons dans un instant, il existe d'autres raisons de ce saut par-dessus les joints. La réalité de ce saut semble démontrée, d'un côté, par l'oxydation et le défaut de contact des roues sur quelques centimètres à l'extrémité antérieure d'un certain nombre de rails, et, de l'autre, par l'excès d'usure et d'aplatissement constaté sur des rails d'acier très anciens à une distance de leur extrémité d'amont variable entre 0,20 *m* et 0,50 *m*.

On peut s'expliquer ce saut en observant que si l'extrémité d'amont de chacun des rails se mobilise brusquement au premier contact de la charge, il peut en être autrement pour les traverses et pour le ballast. Si, ce que l'on peut présumer, cette partie du matériel de voie met un certain temps, quelque faible qu'il soit, à se mobiliser, la charge, pendant ce temps, effectuera un certain trajet; dès lors, la réaction du sol doit se faire, suivant la vitesse, en un point du rail, plus ou moins éloigné du joint.

Cas où les joints sont croisés.

Nous avons cru devoir envisager le cas où les joints étant soutenus, sont en même temps croisés, c'est-à-dire, le cas où ces mêmes joints sont placés sur les deux files de rails, de telle sorte que les roues d'un même essieu les passent l'un après l'autre, au lieu de les passer d'équerre ou simultanément. Dans ce cas, on vérifiera facilement qu'en raison du profil que prennent les rails sous la charge, dans le plan vertical, l'une des roues atteint au joint, le point le plus élevé de l'une des files de rails, tandis que la seconde arrive aux points bas et, dans un cas donné, aux points les plus bas de l'autre file. Dès lors, les véhicules doivent suivre l'oscillation des essieux et contracter ainsi le mouvement de lacet. Les voies dont les joints sont soutenus et en même temps croisés font donc subir aux véhicules, à la fois, le mouvement de tangage et le mouvement de lacet.

Nous n'insisterons pas sur quelques autres défauts qui résultent de l'emploi de la traverse de joint ; nous rappellerons seulement que sa suppression a été opérée d'une façon presque générale, il y a près de trente ans, pour les rails à double champignon et qu'elle a commencé il y a vingt ans environ pour le rail Vignole.

Peu de temps après l'invention de l'éclissage (1850), on a substitué au mode d'appui celui qui consiste à placer les joints entre deux traverses, c'est-à-dire en porte-à-faux. Nous passons à l'examen de cette seconde disposition.

Cas où les joints sont en porte-à-faux.

Les causes du choc au passage des joints, dans ce cas, restent les mêmes que dans celui des joints soutenus et donnent lieu aux mêmes raisonnements. L'abaissement des rails, en avant de la charge, se trouve interrompu à tous les joints. Chacun des rails se meut isolément, et ne peut s'infléchir uniformément jusqu'à son extrémité.

La situation, toutefois, est sensiblement différente, en ce sens, que le rail en charge n'est plus appuyé à ses deux extrémités sur des supports relativement fixes, mais sur les extrémités des rails voisins lesquelles sont susceptibles de flexion. Ledit rail, soumis au roulement, s'abaisse donc régulièrement, toutes choses égales d'ailleurs, sur une partie seulement de sa longueur, puis il se relève en rampe jusqu'au niveau du rail suivant.

La charge gravit cette rampe et arrive au contact de ce dernier rail qu'elle mobilise brusquement, et d'autant plus aisément, que son extrémité antérieure est déjà sollicitée à s'abaisser sous l'action des éclisses, qu'elle est libre, du reste, puisqu'elle repose sur un sol mobile ou compressible. De là, une réaction qui est, tout d'abord, celle du rail dont l'inertie est instantanément vaincue et ensuite celle du sol qui ne se produit, comme précédemment, que lorsque la charge a dépassé le joint. A grande vitesse, les roues sautent donc aussi par-dessus les joints en porte-à-faux. Ce saut, toutefois, ne semble pas devoir être attribué, dans tous les cas, à la rampe qui précède le joint. Il provient plutôt de la mobilité relative de la partie des voies qui avoisine les joints et de ce que, comme nous l'avons dit déjà, la réaction du sol ne se produit pas au premier contact de la charge sur chacun des rails, mais en un point desdits rails qui est, suivant la vitesse, plus ou moins éloigné des joints.

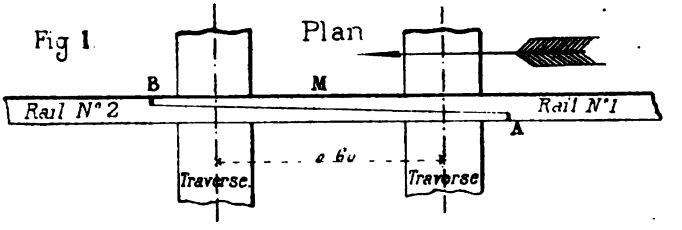
Nous arrêterons là ces observations et nous conclurons que, quoique le porte-à-faux ait l'inconvénient de rendre difficile l'emploi des moyens propres à arrêter le glissement des rails, celui de faciliter, outre mesure, le dérangement des joints dans les deux sens, et surtout dans le sens vertical, ce qui ajoute sensiblement aux dépenses de relevages, cette disposition n'en a pas moins contribué notablement à la conservation du matériel de voie, à la douceur et à la régularité du roulement. Ces améliorations nous paraissent devoir être attribuées principalement à ce fait que le porte-à-faux a restitué aux extrémités des rails l'élasticité qui leur faisait défaut dans l'emploi de la traverse de joint, à ce qu'elle a rétabli, en ces mêmes points, cette propriété des voies qui est ou qui paraît être leur prospérité essentielle, la flexibilité.

Éclisse passe-joint.

Il nous reste à décrire la disposition que nous proposons de donner à l'éclissage pour remédier à l'instabilité des joints.

Cette disposition a pour but de suspendre, momentanément, l'effet de la charge sur l'extrémité d'amont de chacun des rails, de telle sorte que le choc résultant du passage des roues d'un rail à l'autre, se trouve reporté, le cas échéant, à une certaine distance des joints.

Supposons que l'on puisse donner aux extrémités des rails une forme telle que leur assemblage se fasse en plan Fig. 1, suivant un joint oblique très allongé.



Dans ce cas, le choc, au lieu de se produire au premier contact du rail N° 2, en A, ne se produira qu'à la sortie du prolongement angulaire du rail N° 1, en B. Ce choc se trouvera ainsi reporté au delà de la première traverse du rail N° 2, et là, il est à présumer qu'il n'apportera qu'une perturbation peu sensible.

C'est ce résultat que nous avons tenté de réaliser, sans changer la forme des rails à leurs extrémités.

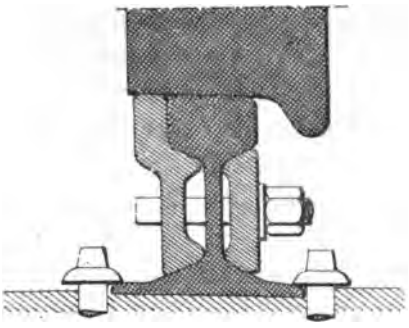
A cet effet, nous appliquons, extérieurement aux joints, une éclisse conformée de telle sorte que sa partie supérieure affleure le sommet du rail, et de façon aussi que la partie des bandages des roues, qui fait saillie en dehors des rails, puisse porter sur cette éclisse en même temps que sur le rail.

Si cette éclisse représentée ci-dessous (Fig. 2) est assez solidement fixée au rail N° 1, elle participera de la rigidité de ce rail; elle en sera, en quelque sorte, le prolongement; elle suspen-

dra l'effet de la charge sur l'extrémité antérieure du rail N° 2 et fera transitoirement obstacle à toute réaction de ce dernier.

Il y a lieu de prévoir ici une objection fondée sur ce que le roulement sur les éclisses étant discontinu, les bandages s'useront moins vite à leur contact qu'à celui des rails. Cette inégalité d'usure entraînerait, en effet, tôt ou tard, un choc des roues sur les éclisses, si ces dernières affleuraient les rails dans toute leur longueur.

Fig 2



En vue d'éviter ce choc, la partie supérieure de l'éclisse a été établie en pente, de son milieu à chacune de ses extrémités. Le point le plus bas de l'éclisse est alors déterminé par l'épaisseur maximum de métal que perdent les bandages avant chacune de leurs remises au tour. La pente de l'éclisse varie naturellement avec sa longueur, ce qui explique que cette même longueur ait été portée à 1,60 *m* et son poids à 32 kilogr. environ.

Si l'on admet que le maximum d'usure des bandages soit de 0,006 *m*, la pente de l'éclisse, sur sa demi-longueur, sera de 7,5 millim., ce dont il n'y a pas lieu de s'effrayer en raison même de la flexibilité des rails aux joints. La création de cette montée ne fait, du reste, que reproduire celle qui existe déjà, et il sera toujours facile d'en atténuer la déclivité en accroissant la distance entre les deux traverses de contre-joints.

On remarquera que la résistance de l'éclisse est assurée par ce fait que le rail n° 1 et l'éclisse, agissant solidairement, s'appuient sur le rail n° 2 jusqu'à l'entière mobilisation de ce dernier et de ses appuis.

On remarquera, en outre, qu'eu égard à la déclivité de l'éclisse, son point culminant peut, sans inconvénient, se trouver à un niveau plus élevé que celui des rails. Il en serait autrement si son niveau était plus bas. Dans ce cas, il y aurait chute des roues sur l'éclisse à la sortie du rail n° 1 et par l'intermédiaire du rail n° 2. Or cette chute, quelque faible qu'elle soit, doit être évitée

afin de retarder le plus possible l'ébranlement de ce dernier rail et d'assurer la résistance de l'éclisse elle-même.

L'application de l'éclisse passe-joint au rail Vignole se fera sans autre préparation que le perçage des rails pour les boulons des extrémités de l'éclisse.

Pour le rail à double champignon, cette application exigera, en outre, un élargissement de 0,03 *m* de la chambre des quatre coussinets de contre-joints.

Nous terminerons en donnant un aperçu du prix de l'éclisse passe-joint.

Admettons que l'acier laminé suivant la forme de cette éclisse vaille 150 francs la tonne, et que l'ajustage de ses deux portées inclinées coûte 0 fr. 60 la pièce. Ajoutons le prix de l'éclisse simple qui doit être jumelée avec l'éclisse passe-joint. Le prix total d'un joint éclissé, d'après le nouveau système, sera, dès lors, de 8 fr. 09.

Or, le prix de l'éclissage ordinaire, avec rondelles en acier, est de 2 fr. 27. La différence entre ces deux chiffres (5 fr. 62) forme le supplément de prix à payer pour l'éclisse en question.

Par kilomètre de voie simple, la dépense variera suivant la longueur des rails. Pour des rails de 8, 10, 11 mètres, elle sera de 1 405, 1 124 et 1 021 francs. On sait que, par suite de l'abaissement du prix de l'acier, le prix du kilomètre de voie s'est réduit, depuis dix ans, de plus de 7 000 francs.

HISTOIRE DE L'ÉCOLE CENTRALE

Par M. POTHIER

ANALYSE PAR M. PRZEWOSKI

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

L'*Histoire de l'Ecole Centrale* de M. Pothier est dédiée aux anciens élèves et a pour but de combler une lacune que de remarquables études déjà publiées sur l'enseignement de cette Ecole ont laissée relativement aux origines de sa fondation ; c'est une lacune que M. Pothier pouvait seul remplir avec les documents laissés par M. Lavallée, son beau-père.

M. Pothier a fait appel aussi aux souvenirs des professeurs et des élèves des premières promotions, notamment de MM. Colladon, Loustau et Laurens, ce qui donne à son livre le cachet d'une authenticité absolue. Il cite les correspondances échangées entre Lavallée, Olivier, Dumas et Péclet, les quatre fondateurs de l'Ecole, et avec les pouvoirs publics, lesquelles rendent compte de la lutte désespérée que les fondateurs ont soutenue contre les événements pendant les deux années qui ont suivi l'ouverture des cours, pour faire vivre et prospérer l'Ecole, et, à différentes époques, pour maintenir et améliorer le programme d'instruction et le tenir à la hauteur de notre siècle industriel.

Une école supérieure, fondée par des particuliers et reconnue d'utilité publique après une épreuve de 28 années, sans rien coûter à l'Etat, est un fait assez rare dans l'histoire du progrès et de la civilisation, et assez important pour qu'on attache quelque intérêt à connaître les circonstances de l'origine de cette Ecole.

M. Pothier remonte d'abord aux causes qui ont amené sa créa

tion, il évoque et fait revivre devant nous cette pléiade de savants qui, au milieu de la période la plus agitée de notre immortelle révolution, se préoccupait de renouer les traditions interrompues de l'enseignement scientifique et de créer de toutes pièces un enseignement des sciences appliquées qu'appelaient les besoins pressants de notre société démocratique et industrielle.

Il nous montre comment, sous la direction de Monge, cet homme de génie, Carnot, Prieur de la Côte-d'Or et Fourcroy, en 1794, réussirent à refondre les différentes écoles spéciales de la monarchie en une seule, appelée Ecole Centrale des Travaux publics, destinée à fournir des ingénieurs à l'Etat et à l'industrie, comment leur création ayant dévié plus tard en partie de son but, a fait place à l'Ecole Polytechnique et aux écoles d'application de l'Etat, telles qu'elles sont encore organisées aujourd'hui.

C'est donc pour revenir à cette conception primitive, que les quatre fondateurs de l'Ecole Centrale se sont associés en 1828, à une époque où on sentait que, chez les peuples civilisés, une rivalité pour la production des éléments de la vie à bon marché succédait aux luttes de la guerre. Les fondateurs se sont inspirés des principes appliqués, en 1794, à l'organisation et à l'enseignement de l'Ecole Centrale des Travaux publics. Plusieurs élèves de Monge leur ont, en effet, apporté les méthodes scientifiques et les qualités rares de ce grand et sympathique professeur ; ce sont: Olivier, de Coriolis, Bélanger et Mary, et on peut dire que par la tradition, Monge a répandu sur l'Ecole Centrale de 1829 le bien qu'il prodigua lui-même à l'Ecole Centrale de 1794.

L'Ecole Centrale fondée sous de tels auspices avait besoin, pour durer et pour se développer, de trouver des élèves qui répondissent par leurs mérites aux sacrifices et au dévouement des fondateurs : M. Pothier nous donne les plus intéressants détails sur ces élèves des premières promotions ; il nous les montre animés du même zèle scientifique et du même désir de travailler à la prospérité d'une entreprise si précieuse pour la France. Déjà quatre ans après l'ouverture de l'Ecole, deux anciens élèves, MM. Thomas et Laurens, présentés par leurs professeurs, étaient nommés répétiteurs de cours; un an après, M. Colladon, professeur de machines à vapeur, présentait M. Thomas pour le remplacer, comme M. Péligot, ancien élève, remplaçait M. Pelouze, et dès 1836 M. Polonceau

remplaçait Walter de Saint-Ange pour la construction de machines.

Ainsi donc en si peu d'années, la création s'était consolidée, l'Ecole pouvait désormais recruter dans son sein les professeurs qu'elle avait formés; elle avait commencé en 1829 avec 150 élèves; le nombre s'était élevé rapidement à 300 pour arriver à 500, quinze ans après sa création; et déjà en 1852, Sir Lyon Playfair, commissaire général de l'Exposition universelle de Londres, pouvait dire avec justice dans un de ses discours : « L'Ecole Centrale est actuelle-» ment la plus importante institution industrielle de la France; » elle possède comme professeurs les hommes les plus éminents de » ce pays et elle a élevé ceux qui promettent d'être sa gloire » dans l'avenir, » et, en 1855, lorsque M. Lavallée, inspiré par les mobiles les plus nobles et les plus désintéressés, voulut remettre l'Ecole entre les mains de l'Etat pour assurer la continuation de sa prospérité désormais acquise, il put dire au gouvernement, à juste titre, que l'Ecole Centrale avait fourni à l'industrie française en vingt-huit ans, depuis sa création, un si grand nombre d'ingénieurs, que toutes les grandes usines de France, toutes les exploitations de chemin de fer, toutes les familles industrielles connues, possédaient dans leur sein ou à leur tête des élèves de l'Ecole Centrale et qu'elle avait pris dans l'enseignement du pays une place qui n'appartenait désormais qu'à un établissement de l'Etat. Maintenant vingt-huit autres années nous séparent de cet acte de cession à l'Etat, le Conseil de perfectionnement et la direction de l'Ecole dévolus à d'anciens élèves, ainsi que l'Association amicale ont concouru avec l'Etat à maintenir et à développer chaque année la prospérité de l'Ecole, justifiant ainsi les prévisions des fondateurs.

Je m'arrête, Messieurs et chers Collègues, ne voulant pas anticiper davantage sur le plaisir que vous aurez certainement à parcourir cette histoire écrite par M. Pothier; beaucoup d'entre vous y retrouveront leurs souvenirs de jeunesse et leurs rêves d'avenir, et, les plus jeunes, le livre d'or de leurs maîtres et de leurs devanciers.

29 septembre 1887.

NOTICE

SUR M. W.-B. BUDDICOM

Par M. B. WHALEY

M. William-B. Buddicom est décédé à Pembdew Mold, Flintshire (Angleterre), le 4 août 1887. Notre Société perd en lui un de ses membres donateurs; il était des nôtres depuis 1852.

M. Buddicom est né à Liverpool en 1816. A l'âge de 20 ans, il fut chargé de la construction d'une section du chemin de fer de Liverpool à Manchester qui comportait des travaux d'art importants.

En 1838, il était nommé ingénieur de la construction du chemin de fer de Glasgow à Paisley et à Greenock, sous les ordres de Joseph Locke et Errington. Il abandonnait cette position en 1840 pour prendre la direction du service du matériel et de la traction du chemin de fer de *Grand Junction*. Il eut alors à construire le premier noyau des ateliers de Crewe, qui ont pris un si grand développement depuis. C'est pendant que Buddicom était attaché au *Grand Junction* qu'il organisa le système des primes accordées aux mécaniciens pour les économies réalisées sur le chauffage et le graissage, système actuellement généralisé sur tous les chemins de fer. C'est aussi à Crewe qu'il étudia, en collaboration avec M. Joseph Locke, le type de machine à cylindres extérieurs connu en Angleterre sous le nom de type de Crewe et en France sous le nom du type Buddicom. Un certain nombre de ces machines font encore un excellent service sur les lignes de l'Ouest.

Vers la fin de 1841, M. Joseph Locke, alors ingénieur en chef du chemin de fer de Paris à Rouen, pensa qu'au lieu de faire venir d'Angleterre le matériel roulant de la ligne, on pourrait le faire construire plus économiquement en France. Il entra, à cet effet, en négociations avec M. Buddicom, qui réunit les capi-

taux nécessaires et constitua une Société sous la raison sociale de Alleard, Buddicom et Cie. Cette Société entreprit immédiatement les travaux dans un petit atelier de construction situé sur la commune de Petit-Quevilly, près Rouen; le matériel put être terminé pour l'ouverture de la ligne de Paris à Rouen, en mai 1843.

A la même époque, M. Buddicom faisait construire les ateliers de Sotteville-les-Rouen et passa, avec la Compagnie de Paris à Rouen, un traité qui lui concédait l'entreprise de la traction. Au fur et à mesure de l'extension du réseau par l'ouverture des sections de Rouen au Havre, de Rouen à Fécamp, et de Paris à Caen et à Cherbourg, M. Buddicom devenait successivement concessionnaire de la traction des nouvelles lignes. En même temps, il étudiait et construisait tout le matériel roulant.

M. Buddicom a construit également un grand nombre de locomotives pour les chemins de fer d'Amiens à Boulogne, d'Orléans à Tours, de l'ancien Ouest et de Paris à Lyon. La plus grande partie du premier matériel roulant de la Compagnie du Midi sortait de ses ateliers.

Notre collègue avait quitté les affaires en 1860 et s'était retiré en Angleterre. Il avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Pendant sa longue carrière, M. Buddicom a été en relations suivies avec George et Robert Stephenson, Locke, Errington, Flachat, Polonceau, Perdonnet, Daniel Gooch, Petiet et autres pionniers de l'industrie des chemins de fer, et il a, comme eux, attaché à son nom l'honneur d'avoir largement contribué aux rapides progrès que cette industrie a faits depuis son origine.

DISCOURS

PRONONCÉ SUR LA TOMBE

De M. LAVEZZARI

DÉCÉDÉ

A BERCK-SUR-MER (Pas-de-Calais)

Le 13 JUILLET 1887

PAR

M. CONTAMIN

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Messieurs,

C'est au nom de la Société des Ingénieurs civils et de son Comité que je viens adresser un dernier adieu au collègue que nous venons de perdre.

Lavezzari était membre de notre Société depuis 1872 et membre de notre Comité depuis 1882. Ceux qui ont pu suivre ses travaux et qui l'ont vu à l'œuvre dans nos commissions, peuvent dire avec quelle conscience extrême il étudiait les questions et avec quelle bienveillance inépuisable il se dévouait pour remplir les missions même les plus ardues, du moment qu'elles intéressaient l'avenir de notre Société.

Dans nos discussions, où pétillait son esprit si vif et si prompt à la riposte, les idées de conciliation et d'apaisement l'avaient toujours pour défenseur ; jamais un mot blessant ne lui échappait, il savait convaincre ses contradicteurs sans les froisser.

Il avait le talent de rendre attrayantes les questions les plus arides, et on ne peut plus intéressantes les discussions auxquelles il prenait part; on l'écoutait avec plaisir et c'est toujours avec la plus vive sympathie qu'il était accueilli.

Très porté par ses goûts vers les arts, il a été l'un des premiers ingénieurs à embrasser franchement la carrière d'architecte; nous avons tous applaudi aux succès qu'il a remportés dans les concours et admiré le caractère qu'il savait imprimer aux monuments privés, publics et industriels qu'il a élevés; aussi sa nomination

comme architecte de notre Société a-t-elle rencontré une approbation unanime lorsqu'il s'est agi de remplacer notre très regretté camarade Demimuid.

Sorti de l'Ecole Centrale en 1853, il fut tout d'abord directeur d'une filature; mais ses goûts artistiques l'attiraient vers la construction, et il quitta bientôt cette position pour s'établir architecte dans la ville de Montreuil-sur-Mer, qu'il éclaira au gaz en 1861 et dans les environs de laquelle il construisit une écluse sur l'Authie. Mais ce qui devait bientôt appeler l'attention sur ses travaux et le mettre rapidement en évidence, fut la découverte qu'il fit vers la même époque de la plage de Berck-sur-Mer, sur laquelle il construisit en moins de trois mois un petit hôpital provisoire en bois pour l'Assistance publique.

Les remarquables résultats de guérison obtenus dans cet établissement décidèrent bien vite la ville de Paris à établir dans cet endroit un hôpital pour six cents lits, et c'est à notre regretté ami qu'elle demanda d'étudier et de réaliser ce projet. Commencé en 1867, cet hôpital était terminé en 1869 et inauguré la même année par l'impératrice, qui remit à cette occasion la croix de chevalier de la Légion d'honneur à notre excellent collègue, comme juste récompense du talent et de l'esprit d'initiative dont il avait fait preuve dans cette circonstance.

Les types des chalets et d'habitations balnéaires qu'il a créés à Berck ont puissamment aidé à faire connaître cette plage si utile à la santé publique ; c'est à son initiative qu'est dû bien certainement le développement pris par cette localité et l'accroissement du bien-être qui en est résulté pour la population, qui conservera longtemps gravé au fond de son cœur le souvenir de l'homme de bien à qui elle doit sa prospérité.

C'est à lui que s'est adressé le baron James de Rothschild lorsque, cherchant à honorer par une œuvre durable le souvenir de son père, il a fait construire à ses frais un établissement où peuvent être reçus et guéris des enfants pauvres, débiles, anémiés ou scrofuleux que les formalités administratives ou des conditions de famille empêchent de faire admettre par l'Assistance publique.

C'est à lui aussi qu'ont pensé M^me^ Isaac Pereire et son fils Gustave Pereire pour la construction de l'hôpital qu'ils ont fait édifier à Levallois-Perret. Vers la même époque, enfin, il construi-

sit à Abbeville un hospice pour les vieillards et, peu de temps après, une grande distillerie à Maisons-Alfort pour l'établissement des fondations de laquelle il eut à vraincre les plus grandes difficultés.

Ces importants travaux avaient mis rapidement le nom de notre bien-aimé collègue en évidence et lui attirèrent de nombreuses demandes d'études. Il n'était pas seulement recherché pour le goût et le caractère qu'il savait donner à ses constructions, pour les aménagements ingénieux qu'il imaginait, il l'était aussi pour la très grande conscience qu'il apportait à l'exécution des travaux qu'on lui confiait, pour l'exactitude scrupuleuse avec laquelle il savait établir ses devis, et pour l'amour-propre qu'il mettait à ne pas dépasser ses prévisions.

La Compagnie nationale des travaux publics, dont il était le président depuis 1884, et tous ceux qui lui abandonnaient la gestion de leurs intérêts ont toujours conservé le meilleur souvenir du dévouement avec lequel il savait les défendre. Aussi, lorsque nos grandes Compagnies, préoccupées de la question de l'établissement des hôtels Terminus, se décidèrent à en étudier l'installation, se trouva-t-il tout naturellement désigné pour cette mission, et c'est à lui qu'incomba le soin d'aller en Angleterre en examiner les conditions de fonctionnement. Il venait, à la suite de ces études, d'être chargé de la construction de l'hôtel Terminus de la gare de l'Ouest, lorsque la mort est venue brusquement et à l'improviste l'enlever à l'affection des siens et de tous ceux qui avaient été à même d'apprécier tout ce que son cœur avait de bon, tout ce que son intelligence avait d'élevé.

Lavezzari ne laisse pas seulement derrière lui la réputation d'un ingénieur du plus grand mérite, il laisse aussi le souvenir d'un homme de bien et de grand caractère. Puissent ce souvenir, l'immense sympathie et l'universalité des regrets qu'on lui témoigne, apporter quelques consolations à sa famille, si douloureusement éprouvée en ce moment, à ses deux fils, tous deux ingénieurs de valeur et que la sympathie témoignée au père suivra et protégera dans leur carrière!

Adieu, cher collègue, adieu, au nom de tous les membres de notre Société, au nom de tous ceux qui vous ont connu et aimé, adieu, ou plutôt au revoir!

CHRONIQUE

Sommaire. — Eclairage électrique des établissements industriels. — Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer (*suite et fin*). — La locomotive Strong. — Ponts remarquables en Italie. — Contrôleur de température pour le chauffage des édifices.

Éclairage électrique des établissements industriels. — Nous avons eu occasion d'appeler l'attention de nos collègues sur un travail publié par M. A. Bayon, ingénieur des Arts et Manufactures, dans le *Bulletin de la Société industrielle de l'Est*, sur le prix de revient de l'éclairage électrique dans quelques établissements industriels.

L'auteur donne des renseignements sur 21 installations qui fonctionnent pratiquement, dit-il, avec des résultats plus ou moins avantageux.

Nous avons cru devoir reproduire les détails qu'il donnait sur trois de ces installations qui nous ont paru les plus importantes et dont deux avaient été établies, comme nous l'avons indiqué, d'ailleurs, par la Société Edison.

M. Bayon a paru craindre qu'on pût conclure de cette reproduction forcément limitée que toutes les installations dont il parle dans son mémoire seraient dues à la Société Edison et que son étude faite avec impartialité sur une série d'éclairages Siemens, Edison, Henrion, etc., ne prît l'apparence d'un travail de propagande en faveur de la Société Edison.

Nous ne pensons pas qu'aucun de ceux qui auront lu notre chronique avec quelque attention ait pu être induit en erreur à ce sujet. Nous estimons que la mention de l'observation de M. Bayon suffira à lui donner la satisfaction qu'il réclame.

Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer *(suite et fin)*. — Une communication récente de M. T.-F. Townsend, à l'Institut de Franklin, donne des détails intéressants sur un certain nombre d'observations, déjà anciennes, faites sur la singulière propriété de l'huile dont nous nous occupons.

On dit qu'il en est question dans les écrits de Pline, de Plutarque et même d'Aristote. Mais ce n'est guère qu'au siècle dernier qu'on trouve des indications précises sur ce point. En 1774, la Société Royale de Londres reçut communication de divers documents, dont le plus remarquable est une lettre de Franklin adressée au Dr Brownrigg, en date du 7 novembre 1773.

Voici cette lettre :

« Cher Monsieur, je vous remercie des observations de votre savant ami de Carlisle, que vous voulez bien me communiquer. Etant jeune,

je me suis souvent amusé des histoires de Pline relativement à l'emploi que les marins de son temps faisaient de l'huile pour calmer l'agitation de la mer et du même usage fait par les plongeurs, mais je n'avais pas connaissance du procédé qui consiste à jeter du vinaigre en l'air pour calmer les tempêtes. Je crois, comme votre ami, que de nos jours on est trop porté à déprécier les connaissances des anciens, de même que les savants ont une fâcheuse propension à mépriser certains procédés connus du vulgaire.

» Le refroidissement par l'évaporation est un exemple du premier cas, l'emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer est un exemple des deux.

. . . . . .

» En 1757, me trouvant à la mer sur un navire appartenant à une expédition de 96 voiles dirigée contre Louisbourg, je remarquai que le sillage de deux des navires était singulièrement calme, tandis que la mer était assez agitée par une fraîche brise. J'interrogeai le capitaine qui me répondit que probablement on avait jeté les eaux grasses de cuisine hors du navire. Il me fit cette réponse d'un ton légèrement dédaigneux, comme à une personne qui ignorerait un fait connu de tout le monde. Je réfléchis à cette explication, et la rapprochant de ce que j'avais lu dans Pline, je résolus de tenter l'expérience lorsque j'en aurais l'occasion.

. . . . . .

» Un vieux capitaine de navire me dit que les pêcheurs de Lisbonne, lorsqu'ils rentraient au port et qu'ils voyaient la barre assez agitée pour leur inspirer des craintes relativement à la sécurité de leurs embarcations, avaient l'habitude de vider une ou deux bouteilles d'huile sur la mer, ce qui calmait immédiatement les brisants et leur permettait de passer la barre sans danger.

» Cette propriété de l'huile m'a été confirmée par ce fait que, dans la Méditerranée, les plongeurs descendent avec leur bouche pleine d'huile; ils émettent cette huile peu à peu, et en montant à la surface elle calme les vagues et permet à la lumière de pénétrer plus facilement jusqu'au plongeur. Je m'étonne que ces faits ne se trouvent pas mentionnés dans nos ouvrages de physique.

» Etant à Clapham, où il y a un grand étang que je vis fortement agité par le vent, je projetai sur l'eau un peu d'huile; cette huile se répandit avec une rapidité prodigieuse, mais elle n'eut aucun effet sur l'agitation de la surface. Je reconnus alors que j'avais mal opéré; j'avais jeté l'huile à la partie opposée à celle d'où soufflait le vent ce qui avait poussé de suite l'huile contre le bord. J'allai de l'autre côté, et j'eus le plaisir de constater que le contenu d'une cuiller à thé d'huile détermina un calme instantané sur une étendue de plusieurs yards carrés et que ce calme se répandit peu à peu jusqu'à rendre le

quart à peu près de l'étang, soit à peu près un acre, aussi uni qu'un miroir.

» Depuis ce moment je pris l'habitude d'avoir toujours, dans la partie supérieure de ma canne de bambou, une petite quantité d'huile de manière à pouvoir répéter l'expérience partout où l'occasion s'en présenterait, ce que je fis fréquemment, toujours avec le même succès.

» Ce qui me frappa surtout dans ces expériences, c'est la rapidité prodigieuse avec laquelle l'huile se répand à la surface de l'eau.

» Lorsqu'on met une goutte d'huile sur une table de marbre poli ou sur un miroir, elle reste à la même place sans s'étendre sensiblement, tandis que, si on jette une goutte d'huile sur l'eau, elle s'étend instantanément sur une surface de plusieurs pieds de diamètre en se réduisant à une épaisseur d'abord assez faible pour reproduire les couleurs du prisme, puis tellement réduite que la couche d'huile devient complètement invisible et ne fait plus sentir sa présence que par le calme qu'elle détermine sur une surface très étendue.

» Il semble que, dès que l'huile a touché l'eau, il se produit une répulsion entre ses particules et une répulsion assez forte pour agir sur les corps étrangers flottant à la surface, tels que brins de paille, feuilles, etc., qui se trouvent repoussés violemment à la circonférence laissant une étendue parfaitement calme et propre. Il serait curieux de faire des études sur l'intensité de cette force de répulsion, sur sa distance d'action et sur son origine.

. . . . . .

» Notre ami, sir John Pringle, m'a dit qu'en Ecosse les pêcheurs de harengs reconnaissaient à distance l'existence des bancs de poissons au calme de la mer, ce qui tient à l'effet que produisent les particules huileuses provenant de leurs corps. Une personne de Rhode-Island m'a dit que le port de Newport était toujours tranquille quand il s'y trouvait un navire baleinier, parce qu'en nettoyant le navire on jetait par-dessus le bord de l'eau mélangée d'un peu d'huile restée au fond de la cale.

» Il semble qu'on peut donner de l'action de l'huile une explication.

» Il ne paraît pas y avoir entre l'eau et l'air de répulsion naturelle qui les empêche de venir en contact l'un avec l'autre : s'il y a de l'air dans l'eau et que nous fassions sortir cet air au moyen d'une machine pneumatique, la même eau, mise en contact avec l'air, pourra en absorber de nouveau la même quantité qu'auparavant.

» Si donc de l'air en mouvement, c'est-à-dire le vent, passe sur de l'eau tranquille, le frottement qui se produit soulève des particules d'eau qui constituent les premiers éléments des vagues futures.

» Ainsi ces premières ondulations sur lesquelles le vent continue à agir grossissent peu à peu et deviennent de plus en plus fortes jusqu'à former des vagues contenant des masses d'eau et susceptibles d'effets mécaniques des plus violents.

» Mais, s'il y a une répulsion mutuelle entre les particules de l'huile

et qu'il n'y ait pas d'attraction entre l'huile et l'eau, une portion de la première jetée sur la seconde n'adhérera pas à l'endroit où elle est tombée; elle ne sera pas imbibée par l'eau et pourra se répandre librement et former une surface d'un poli parfait, constituant une sorte de vernis infiniment mince, mais souple et élastique qui recouvre la surface de l'eau.

» Si maintenant on considère l'action du vent, on peut admettre que l'interposition de cette pellicule d'huile entre l'air et l'eau empêche le soulèvement des premières particules qui doivent constituer les vagues; elle diminue le frottement entre l'air et l'eau, comme l'huile interposée entre deux pièces de machines glissant l'une sur l'autre.

» On a vu que, si on projette de l'huile sur l'eau du côté du vent d'un étang, cette huile se répand peu à peu jusqu'à l'autre bord et, en isolant la surface de l'air, elle empêche la formation des premiers éléments des vagues et détermine un calme complet. On ne peut pas opérer de même sur la mer, mais il est possible qu'on puisse faire quelque chose pour produire un calme relatif à l'endroit où on se trouve et surtout empêcher les vagues de briser, ce qui est le plus grand danger.

» En effet, lorsque le vent souffle frais, il s'élève continuellement sur le dos des grandes vagues une quantité d'autres qui accroissent considérablement la surface sur laquelle agit le vent. Il est possible que l'emploi de l'huile empêche la formation de ces vagues secondaires.

» De plus, si la vitesse du vent est excessive par rapport à celle des vagues, l'action du premier se fait sentir sur les crêtes qui sont plus minces et accélère leur vitesse par rapport à celle du corps de la vague; celle-ci se recourbe alors et se brise en torrents d'écume blanche. Ce sont ces brisants qui sont dangereux, car les vagues ordinaires n'ont d'autre effet que de soulever périodiquement le navire, tandis que les vagues qui brisent exercent des effets de choc destructeurs et lancent sur les ponts des masses d'eau qui balayent tout devant elles et envahissent les cales et l'intérieur des navires.

» Nous ne savons toutefois jusqu'à quel point l'huile peut agir efficacement dans ces conditions, car on doit reconnaître que le témoignage de Pline basé sur la pratique des marins de son temps, n'a qu'une médiocre autorité. »

Franklin admet cependant qu'il y a de grandes présomptions en faveur de l'effet de l'huile pendant une tempête, en se basant sur l'extrait, qui lui a été communiqué, d'une lettre d'un monsieur Tengnagel au comte Bentinck, datée de Batavia, le 5 janvier 1770.

Voici cet extrait :

« Près des îles Paul et Amsterdam, nous rencontrâmes une tempête que je vous signale seulement à cause du fait que, le navire étant en danger de périr, le capitaine fit jeter de l'huile à la mer pour empêcher les vagues de briser sur nous; ce moyen produisit un effet merveil-

leux et réussit à nous tirer d'affaire. La quantité employée a été très faible, et on peut dire que la Compagnie des Indes doit le salut de son navire à six demi-ames d'huile d'olive. J'étais sur le pont au moment où on a jeté l'huile, et, comme à notre arrivée ici, nous avons trouvé les gens très peu disposés à croire ce que nous leur disions de ce fait, j'ai cru utile d'en dresser un certificat en forme. »

Ces extraits suffisent pour montrer que Franklin avait étudié la question d'assez près et qu'il y a plus de cent ans, des navires avaient déjà dû leur salut à l'emploi de l'huile.

M. Townsend ajoute encore différents faits qui se rapportent au même sujet et qui sont plus ou moins connus.

On avait remarqué, il y a fort longtemps déjà, que lorsque les veaux marins dévorent un poisson très huileux, ce qu'ils font toujours sous l'eau, la mer est calme au-dessus, ce qui sert aux pêcheurs d'Ecosse à reconnaître la présence de ces animaux.

Lorsque les baleiniers harponnent un cétacé, l'huile qui coule par les blessures de l'animal calme la mer dans une certaine étendue sous le vent.

Des embarcations baleinières, surprises par un coup de vent, ont pu se préserver pendant toute sa durée en se tenant sous le vent à proximité d'une baleine morte. Deux navires baleiniers, l'*Electra* et le *General Williams*, ont subi pendant plusieurs heures, sans embarquer une goutte d'eau, des coups de vent furieux, en ayant eu la précaution de s'amarrer par une longue ligne à des cadavres de cétacés.

L'auteur américain pense que si, malgré des faits si bien et si anciennement établis, l'emploi de l'huile a été pour ainsi dire inconnu jusqu'ici, on peut l'attribuer d'abord à l'ignorance presque universelle de cette propriété de l'huile, puis à l'incrédulité et à l'indifférence d'autres et enfin à l'idée que se faisait le petit nombre de ceux qui n'appartenaient ni à l'une ni à l'autre des catégories précédentes, qu'il fallait des quantités énormes d'huile pour obtenir un bon résultat, ce qui n'est pas le cas, puisque quelques litres suffisent pour plusieurs heures.

On conseille généralement l'emploi de sacs de toile percés de trous et remplis d'étoupe ou de filasse imprégnée d'huile. Il est assez difficile avec ce moyen d'apprécier d'avance la quantité d'huile qui s'écoulera.

M. Townsend propose un appareil moins primitif, formé d'une sphère métallique creuse de 0,250 *m* de diamètre; elle contient un compartiment à air qui la maintient verticalement dans une certaine position, le reste de la capacité sert à contenir l'huile et communique avec l'extérieur par deux orifices, l'un à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure, ces deux orifices sont munis de soupapes à boulets.

La soupape du haut est réglée à volonté pour donner à l'huile un écoulement plus ou moins rapide. On conçoit que, si la sphère est jetée à la mer au bout d'une amarre, l'eau s'introduit par la soupape

inférieure et chasse l'huile par l'orifice supérieur dans la mesure de ce que laisse passer l'ouverture de cet orifice. Cet appareil très simple peut servir indéfiniment ; il n'y a qu'à remplacer l'huile quand la sphère ne contient plus que de l'eau.

Nous ne pouvons mieux terminer cette note qu'en donnant les deux exemples les plus récents qui soient à notre connaissance des effets de l'huile sur la mer, exemples qui datent de quelques jours seulement.

Le capitaine Kuhlmann, du steamer *Main* de la ligne de Norddeutsche Lloyd, rend compte d'une expérience qu'il a faite avec l'huile dans sa dernière traversée de Brême à New-York et qui a été couronnée d'un *succès dépassant toute idée.*

Le navire se trouvait par 50° N. et 23° O., temps orageux et grosse mer. Naviguant à l'ouest, il faisait tête à la vague, de sorte qu'il plongeait et roulait fortement, embarquant les lames à l'avant. Il était impossible aux passagers de rester sur le pont à cause des lames qui l'inondaient et menaçaient même d'enlever les embarcations pendues aux porte-manteaux.

Dans cette conjoncture, le capitaine résolut d'expérimenter les effets de l'huile et deux conduits ouvrant sur les flancs du navire furent tamponnés avec de l'étoupe et remplis d'huile qui coulait lentement à travers l'étoupe. L'effet se fit vite sentir, car, des haubans de misaine à l'arrière, le navire n'embarqua plus de paquets de mer. La mer avait perdu sa puissance. On ouvrit portes et écoutilles et les passagers purent se tenir à volonté sur le pont. L'expérience dura sept heures pendant lesquelles il ne fut employé que la minime quantité de cinq livres d'huile. Le capitaine Kuhlmann était tellement satisfait de cette expérience qu'il engagea tous les capitaines de sa connaissance à adopter l'emploi de l'huile.

Le même effet a été observé il y a peu de jours sur l'*Isaac Pereire*, de la Compagnie Générale Transatlantique dans la Méditerranée, près de Majorque. On s'est servi de sacs de toile remplis de coton et de varech imprégnés d'huile et percés de trous ; ces sacs étaient attachés à des espars se projetant de 6 mètres de chaque côté du navire : la mer, très forte, s'est aplanie immédiatement et, au lieu des vagues qui se brisaient sur le navire, n'a plus présenté qu'une houle longue et arrondie.

La locomotive Strong. — Cette locomotive, construite dans les ateliers du Lehigh-Valley Railroad et pour cette ligne, d'après les plans de la Compagnie Strong, a pour particularités la disposition de la chaudière et le système de distribution.

La chaudière a une forme qui s'écarte notablement de celle des chaudières ordinaires de locomotives. Il y a deux foyers circulaires en tôle ondulée, placés parallèlement l'un à l'autre et très rapprochés ; ces foyers sont contenus dans des enveloppes de même forme raccor-

dées ensemble de manière à constituer une sorte de 8 couché. Les deux foyers aboutissent à une chambre de combustion cylindrique d'où partent les tubes disposés comme d'habitude ; la chambre de combustion et les tubes se trouvent dans un corps cylindrique qui se raccorde à l'enveloppe des foyers. Cette disposition nécessite pour la chaudière une longueur qui atteint environ deux fois celle des tubes.

La distribution se fait au moyen de quatre tiroirs à grille se déplaçant dans le sens transversal à l'axe des cylindres : deux de ces tiroirs servent à l'admission et deux à l'échappement. Ils ont chacun dix ouvertures de 119 millimètres de longueur sur 19 de largeur, ce qui donne une section totale de passage d'à peu près 1/10 de la section du piston.

Ces tiroirs sont actionnés par une distribution radiale avec excentrique du genre de celle que nous avons décrite sous le nom de Solms dans les chroniques d'août et septembre 1886 ; les tiroirs d'échappement sont à course fixe et les tiroirs d'admission à course variable, obtenue par un levier à coulisse sur lequel agit le mécanisme de distribution. Cet arrangement assez compliqué a pour objet d'obtenir des admissions très réduites sans compression ni avance à l'échappement exagérées.

Comme disposition générale, la locomotive Strong diffère peu des locomotives américaines ; elle a cependant un essieu porteur sous le foyer, ce qui est exceptionnel. Elle a six essieux, dont trois accouplés, deux formant bogie à l'avant et un porteur à l'arrière.

Voici les dimensions principales :

Diamètre des cylindres	0,508 *m*
Course des pistons	0,610 »
Diamètre des roues accouplées	1,570 »
Pression effective à la chaudière	11 1/2 »
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	2,210 »
Diamètre du corps cylindrique	1,470 »
Diamètre des foyers	1,065 »
Nombre de tubes	306
Diamètre extérieur des tubes	0,044 1/2 »
Longueur entre les plaques tubulaires	3,480 »
Surface de grille	5,8 *m²*
Surface de chauffe des foyers et chambre de combustion	23 »
Surface de chauffe des tubes	133 »
Surface de chauffe totale	156 »
Poids en service :	
Essieux du bogie	12,2 *t*

1er essieu accouplé	13,6 *t*
2e — —	13,6 »
3e — —	13,6 »
Essieu d'arrière	9,1 »
Total	62,1 »
Adhérent	40,8 »

M. von Borries fait, dans les annales de Glaser, une critique qui nous paraît très fondée des dispositions essentielles de cette machine.

La surface de grille et la surface de chauffe directe sont très grandes, mais les foyers sont très bas relativement et la flamme s'y développe difficilement, de sorte que cette surface de chauffe est peu efficace ; d'ailleurs, l'enveloppe circulaire a une disposition qui ne doit pas faciliter la circulation de l'eau. Cette chaudière est lourde ; elle pèse 400 kilos par mètre carré de surface de chauffe, alors que les chaudières du type ordinaire ne pèsent que 350 kilogs en moyenne et descendent même à 310.

La distribution est très compliquée et cette complication a pour objet un avantage très problématique, celui de réaliser de faibles admissions, lesquelles ne donnent pas de bons résultats en pratique pour diverses raisons, dont la principale est la condensation intérieure aux cylindres pendant l'introduction. La grande largeur de la chaudière et les deux foyers obligent à mettre le mécanicien sur le côté du corps cylindrique dans une position peu favorable ; il faut un mécanicien et deux chauffeurs. La grande longueur de la machine conduit à mettre un essieu porteur à l'arrière et, somme toute, le poids est considérable par rapport à la puissance.

Avec le coefficient de 0,65, l'effort de traction à la jante ressort à 7 485 kilos, soit 1/5.45 du poids adhérent ; mais le poids adhérent ne correspond qu'aux 0,65 du poids total, de sorte que, pour un kilogramme d'effort de traction, il faut un poids de 8,3 kilog., autrement dit qu'à une tonne de poids ne correspond que 120 kilogrammes d'effort de traction. L'effort qui correspond à 1/5.45 du poids adhérent, coefficient qui serait considéré comme très élevé en Europe, ne correspond finalement qu'à 1/8.3 du poids total de la machine en service.

Ponts remarquables en Italie. — On a inauguré récemment un pont de chemin de fer qui est le plus long qui existe actuellement en Italie. Cet ouvrage, établi sur le Pô, à Casalmaggiore, a 1 085 *m* de longueur ; il a 17 travées dont les extrêmes ont 55 *m* de portée et les autres 65.

Les 16 piles et les deux culées ont été fondées à l'air comprimé avec caissons métalliques. Ces 18 caissons, qui ont employé 1 000 tonnes de fer, ont été foncés dans le court espace de temps de 14 mois; on s'est servi de lampes électriques Edison pour le travail intérieur. Le volume

total de maçonnerie des piles et culées a été de **14 600** mètres cubes.

Le pont est à une seule voie avec deux poutres continues, il pèse 2 900 kilogrammes par mètre courant. Les travaux ont été exécutés par la Société des ateliers de Savigliano.

Un autre ouvrage très remarquable est le pont tournant établi à l'entrée du port de Tarente; ce pont à une longueur totale de 89 mètres et ouvre ou ferme une ouverture de 66 mètres de largeur, par laquelle deux cuirassés du type *Italia* pouraient passer de front sans se gêner le moins du monde.

La largeur du pont est de 6,50 *m*.

La manœuvre se fait par des appareils hydrauliques, et cinq minutes suffisent pour ouvrir ou fermer la passe.

Le gouvernement italien avait appelé à soumissionner ce travail les constructeurs nationaux et étrangers, et c'est notre collègue M. Cottrau, pour la Société napolitaine d'entreprises industrielles, qui avait été à la suite du concours chargé de l'exécution.

Contrôleur de température pour le chauffage des édifices. — La question du contrôle de la température des différentes parties d'un édifice à chauffage central est très délicate. On emploie dans plusieurs écoles de Berlin et d'autres villes d'Allemagne une installation due à la maison Wehr, de Berlin, et qui paraît donner de très bons résultats.

Le contrôleur proprement dit consiste dans deux thermomètres à mercure accolés, placés dans chacune des pièces où il s'agit de savoir non pas quelle est la température, mais si cette température atteint le maximum ou tombe au minimum fixé d'avance.

Chacun des thermomètres porte à l'intérieur un fil de platine partant du haut du tube et descendant jusqu'à un certain point, lequel correspond, pour un des thermomètres, à la température maxima et, pour l'autre, à la température minima.

Si on suppose qu'une pile a un de ses pôles en communication avec ces fils de platine et l'autre avec d'autres fils de platine, pénétrant dans le bas du tube thermométrique, de manière à se trouver toujours en contact avec le mercure, il en résultera que, pour le thermomètre à minima, le courant passera dans le circuit tant que le minimum ne sera pas atteint et que ce courant sera interrompu dès que le minimum sera dépassé en dessous. De même pour l'autre thermomètre, le courant ne passera pas tant que la température maximum ne sera pas atteinte et passera dès que ce maximum sera dépassé.

Il ne reste qu'à mettre les conducteurs en rapport avec des index attenant à un tableau placé à portée de la personne qui dirige le chauffage, ce tableau ayant autant de fenêtres qu'il y a de pièces à surveiller. L'apparition à l'une ou l'autre de ces fenêtres des index indiquant soit le maximum soit le minimum prévient le surveillant de ce qu'il a à faire.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1887

Rapport de M. le colonel PIERRE, sur la **roue métallique** de M. VINZENRIED.

Cette roue comprend un moyeu en fonte évidé formant boîte à graisse, des rais en fer creux et une couronne en fer laminé sans soudure ; les rais s'assemblent par des tetons avec le moyeu et la couronne ; ils sont inclinés alternativement en avant et en arrière du plan de roue, mais, tandis que les rais de derrière sont fixés dans le moyeu lui-même, ceux de devant sont implantés dans une bague qui embrasse le devant du moyeu et qu'un écrou permet de serrer de manière à arc-bouter les rais contre la couronne ; cette disposition permet de plus le montage et le démontage de la roue.

Il y a un bandage en fer laminé sans soudure posé à chaud sur les joints et maintenu par des boulons.

Rapport de M. BIVER, sur le **système de fours de verrerie, à bassin, à fusion, à travail continu, avec récupérateur de chaleur**, de M. CHARNEAU.

Ce système est destiné aux petites verreries où son installation peu coûteuse permet une exploitation économique avec une production très limitée.

Le chauffage se fait par des gazogènes analogues à ceux de Siemens, accolés aux fours ; il y a des récupérateurs au-dessous des bassins, dont ils sont séparés par des canaux dans lesquels circule de l'air froid. Ces récupérateurs sont d'une grande simplicité ; les produits de la combustion et l'air à chauffer y circulent séparément dans deux séries de canaux horizontaux, se croisant à angle droit et formés par des rangées de briques réfractaires posées de champ, séparées par des assises horizontales de carreaux ou tablettes en terre réfractaire. Les joints sont recouverts et bien étanches et toute la construction peut se faire avec des matériaux ordinaires.

Rapport de M. EDOUARD SIMON, sur le **traité élémentaire des tissus de coton, blancs, teints et imprimés**, de M. JOSEPH DEPIERRE.

Notice sur Félix Le Blanc, par M. E. P. Berard, membre du Conseil.

Extrait d'une **étude sur l'économie agricole de la Meuse**, par M. F. Nicolle.

Liste des membres de la Société d'Encouragement faisant partie des comités d'admission de l'Exposition universelle de 1889.

Juillet 1887.

Rapport de M. G. Roy, au sujet du **projet de loi sur les mines.**

Ce rapport critique deux points principaux du projet de loi sur les mines actuellement soumis aux pouvoirs publics, savoir : l'institution des délégués mineurs et le retrait de la concession dans des cas qui ne sont pas nettement déterminés.

Rapport de M. Hirsch sur le **clapet de retenue de vapeur**, dit **clapet-pendule**, de M. Paul Carette.

C'est un clapet à deux sièges dont la portée mobile se compose de deux soupapes fixées sur le même axe et pouvant obturer l'un ou l'autre des deux sièges; l'axe est relié à un levier fixé à un axe qui sort de la boîte et porte un autre levier muni d'un contrepoids. Ce contrepoids maintient les deux clapets à distances égales de leurs sièges respectifs.

L'appareil peut, avec modification du calage du levier à contrepoids, être placé dans une position quelconque.

Rapport de M. Hirsch sur le **clapet de retenue pour vapeur**, de M. Pile.

Ce clapet se ferme dans le sens du courant de vapeur. Il se compose d'une paire de pistons équilibrés fixés à la même tige et mobiles dans un cylindre de même diamètre que le branchement que l'appareil est destiné à desservir. L'un des pistons porte un fourreau qui forme obturateur en se plaçant en travers du branchement, si le système mobile vient à se déplacer dans un certain sens. Or, pour que ce déplacement se produise, il suffit que la pression devienne plus petite d'un côté que de l'autre, par exemple par suite de la rupture d'un tuyau.

Rapport de M. le colonel Sebert sur la **machine pour faciliter l'écriture aux aveugles**, de M. Mauler.

Notice sur la vie et les travaux de Louis-François-Clément Breguet, par M. de Jonquières (Extrait des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences).*

Brûleur à incandescence de Welsbach (Extrait du journal *Engineering).*

Traitement de l'or et de l'argent aux Hôtels monétaires des Etats-Unis, par M. Egleston (Extrait du journal *Engineering*).

Liste des membres de la Société d'Encouragement faisant partie des comités d'admission de l'Exposition universelle de 1889 *(suite et fin)*.

Programme des prix proposés par la Société d'encouragement à décerner dans les années 1888, 1889, 1890, 1891 et 1892.

Fabrication de la soude à l'aide du sulfate de soude par l'acide carbonique et l'oxyde de carbone (Extrait du *Dingler's polytechnisches Journal)*.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juin 1887.

Etude sur la **résistance des voûtes en maçonnerie**, par M. A. Crépin, ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur fait observer que toutes les théories faites sur les voûtes en maçonnerie admettent, en général, que les voussoirs reposent directement les uns sur les autres sans mortier, ce qui ne s'accorde pas avec la pratique, surtout lorsque les voûtes sont faites en petits matériaux ou en briques. D'ailleurs, l'hypothèse des joints normaux sans mortier n'a plus aucun sens lorsqu'il s'agit de voûtes monolithes en béton de ciment.

En outre, les théories des voûtes en maçonnerie négligent de tenir compte des charges roulantes.

L'auteur s'est proposé de combler ces deux lacunes. Après avoir exposé succinctement l'état actuel de la question, il recherche les moyens de déterminer les courbes des pressions et les pressions élémentaires qui se produisent dans une voûte quelconque sous l'effet des charges fixes ou mobiles, symétriques ou dyssymétriques, aussi bien dans l'hypothèse généralement admise suivant laquelle les pressions se répartissent conformément à la loi dite de Bernoulli, que dans une autre hypothèse d'après laquelle les pressions peuvent croître proportionnellement à la distance de l'arête du joint.

Cette méthode de détermination admet que la courbe des pressions est telle que les pressions élémentaires qui en résultent sont les plus faibles possibles dans les joints soumis aux pressions maxima. Dans une voûte donnée et pour une charge déterminée, cette condition ne

peut être remplie que par une seule courbe qui est caractéristique de la voûte et de la charge et qu'on appelle *courbe des pressions*.

Pour déterminer la position de cette courbe, on compare les actions des forces capables d'assurer l'équilibre de la partie de la voûte entre deux joints, où se manifestent les plus fortes pressions élémentaires, l'une du côté de l'extrados, l'autre du côté de l'intrados.

Pour chaque système de forces équilibrées, on détermine la position que celles-ci doivent occuper pour provoquer simultanément, sur les deux points considérés, la plus petite pression élémentaire possible.

A chacun des systèmes de forces se faisant équilibre correspondent dans chaque joint une position et une pression élémentaire la plus petite possible, que l'on représente par une ordonnée. Chaque ordonnée est élevée sur le joint au point même où la poussée et la résistance doivent être appliquées et, si l'on envisage la succession d'une série de systèmes capables de tenir cette partie de voûte en équilibre, la réunion des extrémités de ces ordonnées forme la *courbe des plus petites pressions élémentaires simultanées sur les deux joints considérés*.

Cette courbe est corrélative d'une autre représentant les poussées qui appartiennent aux systèmes d'équilibre qui produisent ces pressions élémentaires minima. Sur l'ordonnée commune à la courbe des poussées et des pressions élémentaires correspondantes, il suffit de porter les pressions élémentaires produites sur un troisième joint où se manifestent les plus fortes pressions extradossales et latérales, pour déterminer une seconde courbe dont l'intersection avec la première détermine *la plus petite pression élémentaire* se manifestant à la fois sur les trois joints soumis aux plus fortes pressions élémentaires.

La valeur de l'ordonnée de ce point commun détermine l'effort auquel sont soumis les matériaux de la voûte, la poussée et le système des forces d'équilibre, enfin la position de la poussée et de toutes les réactions des différents joints que l'on peut imaginer dans la voûte, c'est-à-dire la courbe même des pressions maintenant la voûte en équilibre.

L'hypothèse, conforme aux faits réels, d'après laquelle la transmission des pressions dans les remblais se fait obliquement, conduit à des conséquences importantes. En effet, indépendamment des efforts verticaux résultant de la pesanteur, les voûtes supportent des actions horizontales provenant des remblais et des surcharges roulantes. Ce fait établit un lien entre la théorie des voûtes et celle de la poussée des terres et on en déduit les conséquences propres à préciser, dans une mesure pratique et suffisante dans la généralité des cas, les positions à donner aux charges roulantes pour obtenir la valeur de la pression élémentaire maxima supportée par les matériaux sous leur influence. Or cette influence est très considérable dans certains cas.

Le mémoire contient un exemple de calcul où, pour une petite voûte, la pression sous la charge roulante devient près de deux fois

et demie celle qui se produit sous l'action des charges permanentes, 6,12 *kg* au lieu de 2,56 *kg*. On voit dès lors combien il était important d'en tenir compte.

JUILLET 1887

Notice sur **la Vie et les travaux de M. Graeff**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. DELOCRE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Notice sur la **Construction du canal de Lens à la Deule**, par MM. GRUSON, Ingénieur en chef, et BARBET, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées.

Ce canal destiné à relier au réseau des voies navigables la ville de Lens qui est, pour ainsi dire, la capitale de l'important bassin houiller du Pas-de-Calais, a été commencé en 1885 et est actuellement livré à l'exploitation.

Sa longueur est de 7 826 *m*, les courbes ont un rayon minimum de 300 *m*.

La pente totale de 9,71 *m* est rachetée par trois écluses dont l'une a 2,51 *m* de chute et les deux autres 3,60 *m* chacune.

Le canal est à une seule voie avec 6 *m* de largeur au plafond théorique établi à 2 *m* en contre-bas du niveau de navigation. Une gare de croisement de 10 *m* au plafond théorique et 100 *m* environ de longueur est établie à peu près tous les kilomètres. Les chemins de halage et de contre-halage ont 4 *m* de largeur en couronne. Le chemin de halage seul est empierré sur une largeur de 2,90 *m*.

On peut signaler parmi les travaux auxquels a donné lieu la construction de ce canal le bétonnage d'une portion de la cuvette sur 500 *m* de longueur pour empêcher les fuites qui se produisaient par les fissures de la craie fendillée.

Les écluses ont 5,20 *m* de largeur et 38,50*m* de longueur utile, la profondeur est de 2,50 *m*. Les portes sont à ossature métallique avec bordage en charpente.

Il y a trois ponts de chemins de fer.

L'exécution du canal a duré vingt et un mois; elle a coûté 1 864 000 *f.* dont 460 900 pour les indemnités de terrain, 378 700 pour les terrassements et 896 700 pour les ouvrages d'art, ce qui fait 238 180 francs par kilomètre. On évalue le trafic annuel à 290 000 tonnes.

Les **Tarifs des chemins de fer de l'Etat en Allemagne**, par M. C. BAUM, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cet important mémoire où l'auteur étudie plus particulièrement les tarifs des chemins de fer de l'Etat prussien dont le réseau atteignait un développement de 21 184 *km* à la fin de l'exercice 1885-1886, débute par l'examen des tarifs de voyageurs et de bagages ; il donne ensuite une esquisse du système allemand des tarifs de marchandises

ainsi que des conditions de délais des transports et de garantie. Viennent après une analyse critique du système des tarifs de grande et de petite vitesse des chemins de fer allemands et des conclusions dont nous allons donner le résumé.

Pour le transport des marchandises, le tarif allemand mis en vigueur en 1877, après essai sur le réseau d'Alsace-Lorraine, présente pour le public des avantages très réels de simplicité et de modicité de taxes de transport pour les expéditions par wagon complet, mais, même au point de vue du public, il ne serait pas exact de le considérer comme parfait.

Il ne tient pas assez compte de la valeur de la marchandise et a soulevé des réclamations de la part de l'industrie et du commerce.

Il semble que son but principal soit de favoriser les expéditions par grandes masses, ce qui a donné un grand développement à l'intervention des groupeurs qui débarrassent les Compagnies d'une grande partie de la manutention des marchandises dans les gares et qu'en échange les Compagnies encouragent par des primes élevées.

L'influence du travail de ces groupeurs s'est fait sentir rapidement sur l'utilisation du matériel à marchandises.

Le système du tarif actuel est imposé à toutes les administrations de chemins de fer en Allemagne, mais chaque Etat a le droit de fixer le taux de la taxe kilométrique à percevoir par tonne pour chacune des classes de marchandises et des trois tarifs spéciaux. Ces taxes kilométriques varient peu d'un Etat à l'autre et tendent à s'uniformiser.

Il est intéressant de chercher quel a été le résultat de l'application du système actuel de tarifs et on peut le faire utilement aujourd'hui, car ce système a bientôt dix années d'usage. Ce résultat, sans être brillant, peut être considéré comme assez satisfaisant. Ainsi, quoique le tarif moyen ait baissé, le coefficient d'exploitation, c'est-à-dire la dépense d'exploitation faite pour une recette de 100 francs, est inférieur pour la période postérieure à 1877 au coefficient d'exploitation de la période antérieure à 1877. Il a été en moyenne, de 1873 à 1875, de 61,5 0/0 et, de 1879 à 1884, de 53,6 0/0.

On peut donc dire que l'application du nouveau tarif allemand a amené des résultats financiers qui ne sont pas défavorables, mais il serait imprudent de tirer de ce fait des conclusions trop avantageuses relativement à la valeur du système. Il ne faut pas perdre de vue que l'essai du système a eu lieu à une époque de grand développement industriel et commercial et d'augmentation dans l'intensité du trafic des chemins de fer. S'il eût été entrepris, au contraire, dans un moment de stagnation des affaires, les résultats économiques et financiers dus à l'application de cette tarification auraient pu devenir désastreux pour le fisc des divers Etats de l'Allemagne.

Il paraît probable que, dans le cas où le mauvais état actuel des affaires viendrait à continuer et même à s'accentuer, les résultats

financiers que donnerait le système des tarifs allemands pourraient encore devenir insuffisants et amener des remaniements de ce système.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 2 juillet 1887

Communication de M. Guasco sur **les hydrocabures, combustible industriel.**

En présence du placement difficile de certains sous-produits de la fabrication du gaz d'éclairage, tels que les huiles lourdes ou goudrons liquides, on doit chercher à les employer comme combustibles, mais en les brûlant logiquement et non empiriquement, comme on le fait trop souvent.

La première ou mieux l'unique condition d'une bonne combustion des hydrocarbures est la division au moment de l'inflammation.

L'auteur décrit le bec brûleur Favier et Hélouis et le brûleur Lecomte de Lisle dont le second, où la pulvérisation se fait par la vapeur, doit être considéré comme un engin industriel d'une grande simplicité et d'un rendement supérieur. Cet appareil est employé au chauffage au pétrole des chaudières de plusieurs navires à vapeur.

Communication de M. Perrin sur une **mèche pour coups de mines système Lamagère.**

Cette mèche, qui ne donne ni flamme ni étincelles ni même de feu apparent, est en fulmi-coton. Comme elle est sans consistance suffisante, il faut qu'elle soit enfermée dans un tube de zinc du diamètre environ d'une mèche de sûreté ordinaire ; on laisse le coton dépasser les deux bouts du tube de 1 à 2 centimètres pour permettre le contact de la mèche, soit avec la poudre, soit avec le porte-feu. Cette mèche est très lente comme combustion et permet de s'éloigner suffisamment loin du coup, entre l'allumage et l'explosion. Elle pourrait s'allumer par les moyens ordinaires, sans flamme, avec un corps incandescent, comme l'amadou.

Mais M. Lamagère obtient l'allumage au moyen d'une simple pile au bichromate, suffisante pour rougir un fil enfermé dans le tube porte-feu, au moment où on établit le contact.

En résumé, ce procédé est très simple et semble réunir un certain nombre d'avantages.

Rapport de M. BATAULT au nom de la Commission des **clapets de retenue de vapeur.**

La commission a fait des essais sur un certain nombre de systèmes de clapets de retenue de vapeur, savoir le clapet Broyet, le clapet des Aciéries de la Marine et l'appareil des Aciéries de Saint-Etienne.

Il résulte de ces essais que les clapets, qui, comme le premier, n'obturent que dans un sens, sont absolument inefficaces dans le cas d'explosion d'un générateur ; ils doivent être doubles comme sont les deux autres. Il faut aussi que l'appareil revienne à sa position initiale lorsque la pression se rétablit. Le premier appareil ne possède pas cette faculté qu'ont les deux autres.

Mais la conclusion la plus intéressante est que lors même qu'un clapet serait parfait, et il ne paraît pas en être ainsi, les inconvénients déjà signalés par divers membres de la Société n'en subsisteraient pas moins. Le rapport fait remarquer que l'emploi des clapets devra, en cas d'explosion d'une chaudière d'un groupe, isoler les autres chaudières et empêcher l'usage des freins à vapeur des machines d'extraction, inconvénient des plus graves. Il ne faut pas d'ailleurs s'exagérer l'utilité de ces appareils ; il résulte de constatations de l'administration des Mines que, depuis vingt ans, sur onze explosions survenues dans la Loire, une seule a entraîné la rupture de la conduite générale. On voit donc que les clapets qui n'obturent que dans un sens et qui, par suite, ne protègent pas contre l'explosion de la chaudière, sont absolument insuffisants.

Communication de M. MAUSSIER sur le **muraillement des puits en dalles et béton de ciment.**

C'est une addition à la communication faite dans une séance précédente (voir comptes rendus de juillet, page 78) par M. Buisson.

Le procédé de muraillement par dalles et béton de ciment peut s'appliquer à des puits de grand diamètre. On peut traverser des terrains ébouleux et même des sables, en procédant par petits tronçons de cinq mètres seulement. Les dalles de ciment sont faites par moulage ; un mètre de dalles en place revient à 10,50 *f*. On peut compter sur 30 à 40 *f* par mètre cube de maçonnerie pour un muraillement solide et étanche.

Séance du 6 août 1887.

Question des **clapets de retenue de vapeur.**

A la suite d'une discussion sur le rapport qui a été lu dans la séance précédente, on émet le vœu que dans tous les districts les ingénieurs fassent des expériences sur les clapets dont ils pourront disposer et que ces expériences soient portées à la connaissance des membres par leur publication dans les procès-verbaux des réunions de district.

Communication de M. DE CATELIN sur la **combustion spontanée des pyrites.**

L'auteur a constaté aux mines du Laurium que la pyrite est susceptible d'entrer spontanément en combustion à un front de taille par le seul fait de son oxydation, et que le degré d'oxydabilité ou d'inflammation est lié à l'état physique de la matière et à son mode de dissémination dans la roche englobante.

Un schiste pyriteux en tas a dégagé presque immédiatement de l'acide sulfureux, et après quelques heures il était impossible d'entrer dans la galerie ; ce dégagement a duré une quinzaine de jours, puis la combustion a cessé, probablement faute d'oxygène. Ces pyrites contiennent 14,6 p. 100 de soufre.

Un membre fait observer à ce sujet que dans l'observation ci-dessus on a constaté un dégagement d'acide sulfureux, mais on ne parle pas d'élévation de température. Comme la pyrite pulvérulente donne facilement un dégagement d'acide sulfureux même à froid, il n'est pas certain qu'il y ait eu réellement combustion.

Communication de M. BATAULT sur une **chaudière à bouilleur inférieur et bouilleurs de circulation** construite par MM. Biétrix et C^ie^.

Cette chaudière a, entre le corps principal et le bouilleur inférieur, trois petits bouilleurs placés directement au-dessus de la grille et qui remplissent le double rôle d'augmenter la surface de chauffe directe et de provoquer dans le générateur une circulation active qui facilite le renouvellement de l'eau en contact avec les surfaces chauffées par le foyer.

Ce générateur a été soumis à des expériences comparativement à des chaudières entièrement semblables, mais sans addition des petits bouilleurs.

On a pris dans ces expériences pour unité le nombre de kilogrammes de charbon brûlé pour développer un million de kilogrammètres sur la machine alimentée par les chaudières à comparer.

On a trouvé que les chaudières simples dépensaient 61 kil. de charbon, et la chaudière à bouilleurs supplémentaires 51 par million de kilogrammètres. C'est une économie de 16 0/0, qu'on doit considérer comme un minimum à cause de certaines circonstances qui se sont produites dans les essais. Ces expériences ont duré un mois pour chaque système.

Allumage des coups de mines, système Lamagère.

Les essais des appareils présentés dans la séance précédente ayant révélé certains inconvénients, M. Lamagère a introduit quelques modifications à ses mèches :

1° Le tube en fer-blanc dans lequel est la mèche a été beaucoup réduit de diamètre.

2° Le petit fil qui rougit la pile était visible, il y avait là un léger danger dans le cas d'une atmosphère grisouteuse; ce fil est actuellement isolé.

3° La pile a été améliorée au point de vue de la facilité du transport et de la commodité de mise en action.

District du Centre

Séance tenue à Montluçon le 27 février 1887.

Communication de M. Cordier sur les **cheminées d'usine.**

Cette communication est le résumé d'un mémoire considérable où l'auteur examine successivement :

1° La théorie des cheminées ;
2° Le calcul des dimensions à leur donner ;
3° Leur construction proprement dite ;
4° L'influence du vent sur la stabilité ;
5° Les différents systèmes employés pour les réparations ;
6° La description de quelques cheminées existantes.

Parmi ces dernières, nous citerons les cheminées de la manufacture de glaces et produits chimiques de Montluçon, des hauts fourneaux de la Compagnie de Commentry-Fourchambault, de la forge de Commentry, de l'usine de Saint-Jacques à Montluçon, des établissements militaires de Bourges, etc.

Communication de M. Gibon sur les **habitations ouvrières.**

Cette communication a pour objet d'appeler l'attention de la Société sur une enquête qui vient d'être ouverte sous le patronage de la Société d'Economie sociale sur les conditions diverses dans lesquelles se trouvent les petits logements en France et à l'étranger. Cette Société a dressé un questionnaire pour recueillir le plus de matériaux possible sur ce sujet.

Ce questionnaire, qui est reproduit à la suite, se divise en deux points principaux : description des petits logements, et amélioration des petits logements; ce dernier point comprend lui-même les solutions déjà appliquées et les solutions proposées.

District du Sud-Est.

Séance du 3 juillet 1887.

Communication de M. Olivier sur une **pompe intérieure** installée au puits du Viaduc des Houillères des Salles et Montalet.

Cet appareil, exécuté par la Société John Cockerill, a été établi dans les conditions suivantes :

Occuper le moins de place possible dans le puits et élever d'un seul jet 60 mètres cubes à l'heure en prenant les eaux à 300 mètres de profondeur.

La puissance de la machine sera calculée pour qu'à 48 tours par minute, les pompes montent d'un seul jet 60 mètres cubes à l'heure d'une hauteur de 300 *m* ; on ne devra pas dépasser 50 tours ; mais, comme à certains moments, la venue d'eau n'est pas suffisante pour marcher à 40 tours, on a, en conséquence, demandé que les volants fussent calculés pour pouvoir effectuer un minimum de 30 tours par minute.

La machine est installée dans une chambre voûtée de 14,70 *m* de longueur sur 5 *m* de large et 4,50 *m* de hauteur sous clef. C'est une machine compound tandem à cylindres de 0,480 *m* et 0,800 *m* de diamètre et 0,750 *m* de course. La pompe est commandée directement par le prolongement de la tige des pistons à vapeur, ainsi que la pompe à air du condenseur; l'arbre avec deux volants commandés par des bielles à fourche, est entre le grand cylindre et le condenseur.

Les pompes sont à soupapes commandées, du système Riedler ; elles sont au nombre de deux à double effet, à piston plongeur de 0,145 *m* de diamètre et 0,750 *m* de course. Les soupapes sont en cuir portant sur des sièges en bronze et sont commandées par des cames calées sur un arbre relié à celui de la machine.

Le principe du mouvement est que l'ouverture de la soupape se fait librement comme dans les pompes ordinaires, dès que le piston se met en mouvement.

Dans la seconde moitié de la course du piston et vers la fin, la came agit sur la tige de la soupape et rapproche graduellement celle-ci de son siège qu'elle vient rejoindre complètement lorsque le piston a achevé sa course. Il en résulte que la soupape ne retombe pas de la hauteur de son ouverture et qu'elle se place sans choc sur son siège; le retour est commandé par des ressorts à boudin.

La colonne a 0,160 *m* de diamètre, elle est partie en fonte, partie en fer; elle est divisée en cinq tronçons de 60 mètres chacun, avec un joint compensateur de presse hydraulique.

La conduite de vapeur est en fer avec garniture en matière calorifuge; elle a 0,110 *m* de diamètre intérieur ; les brides sont en acier fondu et les rondelles de caoutchouc amiante.

L'enveloppe calorifique est complexe; il y a :

1° Du carton amiante recouvrant le tuyau;

2° Des rondelles de liège ou de feutre;

3° De la toile gommée;

4° De petites rondelles en sapin servant d'appui à la tôle galvanisée;

5° Un matelas d'air protégé par la tôle galvanisée.

Le rendement de la pompe a été de 92 à 94 0/0.

La condensation de la conduite de vapeur a été trouvée de 21 à 25 0/0, soit de 1,6 à 2 *kg* par mètre carré de surface et par heure.

A 36 tours par minute, le travail en eau montée est de 56 chevaux.

Communication de M. RIGAUD sur **une explosion de grisou** au col de Cabres.

Cette explosion qui s'est produite dans un tunnel en percement et a fait beaucoup de victimes (7 morts et 30 blessés) doit, d'après l'auteur, être attribuée au grisou qui se dégage dans ces contrées par les fissures du sol et dont l'origine ne provient pas de la houille, mais se rattache aux phénomènes ignés souterrains et, par conséquent, aux phénomènes volcaniques.

Suppression des boues et incrustations dans les chaudières à vapeur.

M. VEILLON appelle l'attention sur un appareil dû à M. DERVAUX, qu'il vient d'installer dans ses ateliers et dont l'objet est la suppression des boues et incrustations des chaudières; on emploie un réactif, variable suivant les cas, destiné à empêcher l'incrustation par les sels calcaires contenus dans l'eau d'alimentation en les précipitant à l'état de boues; ces boues sont ensuite extraites par circulation au moyen de l'appareil.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 30. — 23 *Juillet* 1887.

Notice nécrologique sur Alfred Krupp.

Régulateur à ressort pour machines à vapeur à grande vitesse, par le docteur R. Proell.

Technologie chimique. — Acide sulfurique. — Enduits ignifuges. — Soude. — Chlore; chlorure de magnésie, chlorure de chaux, etc.

Groupe de Hanovre. — Compteur d'eau de district.

Groupe de Saxe. — Réunion à Zwickau. — Système Wodiczka pour les paratonnerres *(fin)*.

Patentes.

Variétés. — Statistique de l'Ecole technique supérieure de Berlin, pendant le semestre d'été 1887.

N° 31. — 30 *Juillet* 1887.

Nouveaux lavoirs à charbon de la mine Bonifacius, à Kray, près Gelsenkirchen, par H. Dick.

Procédé graphique pour le calcul des turbines, par M. Kohn.

Pont de chemin de fer sur le Masnedsund, en Danemark.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Chambres d'arbitrage pour questions techniques et industrielles. — Condensation dans les tuyaux de vapeur et enveloppes calorifuges.

Groupe de la Lenne. — Ecoulement de l'eau par déversoirs. — Chauf-

fage à basse pression par la chaleur perdue d'une machine à vapeur à basse pression. — Théorie des sources. — Importante décision juridique concernant une question d'eaux.

Association des chemins de fer. — Perfectionnements dans les freins à air comprimé. — Emploi du téléphone dans l'exploitation des chemins de fer.

Patentes.

Bibliographie. — Rôle des poussières de charbon dans les explosions de grisou, par Th. Walther.

Correspondance. — Système métrique pour les pas de vis. — Chemins de fer à crémaillère. — Grue à pression d'eau pour forges et aciéries.

Variétés. — Torpilleurs.

N° 32. — 6 *Août* 1887.

Programme de la 28me réunion générale de l'Association à Leipsick, les 15, 16, 17 et 18 août 1887.

Vitesse la plus avantageuse de la vapeur dans les conduites, par R. Nasse, L. Ehrhardt et M.-F. Gutermuth, mémoire couronné par l'Association des Ingénieurs allemands, résumé par M. F. Gutermuth.

Constructions navales. — Le croiseur *Toussaint-Louverture.*

Groupe de la Ruhr. — Minerais de fer en Lorraine et dans le Luxembourg.

Groupe de Saxe Anhalt. — Chambres d'arbitrage pour les litiges techniques et industriels. — Moteur à vapeur pour la petite industrie.

Patentes.

Correspondance. — Nouveau développement des chemins de fer à crémaillère. — État actuel de nos connaissances sur les tremblements de terre.

N° 33. — 13 *Août* 1886.

Compte rendu de la marche de l'Association des Ingénieurs allemands pendant l'exercice 1886-87.

Vitesse la plus avantageuse de la vapeur dans les conduites, par R. Nasse, L. Ehrhardt et M. F. Gutermuth *(suite)*.

Groupe de Chemnitz. — Appareils de sûreté pour les machines d'extraction.

Groupe de Magdebourg. — Épuisement des carrières de pierre de Newstadt au moyen d'un pulsomètre. — Expériences sur une chaudière à vapeur du système Steinmuller.

Groupe du Rhin inférieur. — Le pont sur le Forth. — Industrie du pétrole dans le Caucase.

Patentes.

Bibliographie. — Éléments de chauffage et ventilation, par F. Fanderlik.

Correspondance. — Installation de chaudières à vapeur à l'hôtel de ville de Vienne.

Variétés. — Assemblée générale de l'Association d'hygiène technique. — Brûleur à gaz régénérateur renversé.

N° 34. — 20 *août* 1887.

Compte rendu de la 28e réunion générale de l'Association à Leipsick.

Vitesse la plus avantageuse de la vapeur dans les conduites, par R. Nasse, L. Ehrhardt et M. F. Gutermuth (*suite*).

Déplacement du vieux pont sur la Meuse à Venloo, par Leo Backhaus.

Instruments de précision. — Indicateur de vitesse de Frayssinier et Tourtay. — Indicateur enregistreur de vitesse de Haufshatter. — Appareil pour mesurer l'épaisseur des bandages.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Notice nécrologique sur Robert Pepys. Signaux d'alarme pneumatiques pour fabriques avec contrôleur et appareils d'arrêt pour machines à vapeur. — Paratonnerres.

Groupe de Hambourg. — Moments de flexion dans les carlingues des navires en fer. — Appareils de ventilation.

Groupe de Wurtemberg. — Éclairage électrique des trains de chemins de fer.

Patentes.

Variétés. — Exposition de l'industrie du naphte et des appareils d'éclairage par les produits de cette industrie, qui s'ouvrira à Saint-Pétersbourg le 1er novembre 1887.

N° 35. — 27 *août* 1887.

Vitesse la plus avantageuse de la vapeur dans les conduites, par R. Nasse, L. Ehrhardt et M. F. Gutermuth (*fin*).

Ciments. — Règles pour l'unification des conditions de fourniture des ciments de Portland. — Four à étages de Dietzsch. — Propriétés et prix de revient des mortiers en ciment de Portland, chaux et sable.

Artillerie. — Canons monstres de l'époque actuelle.

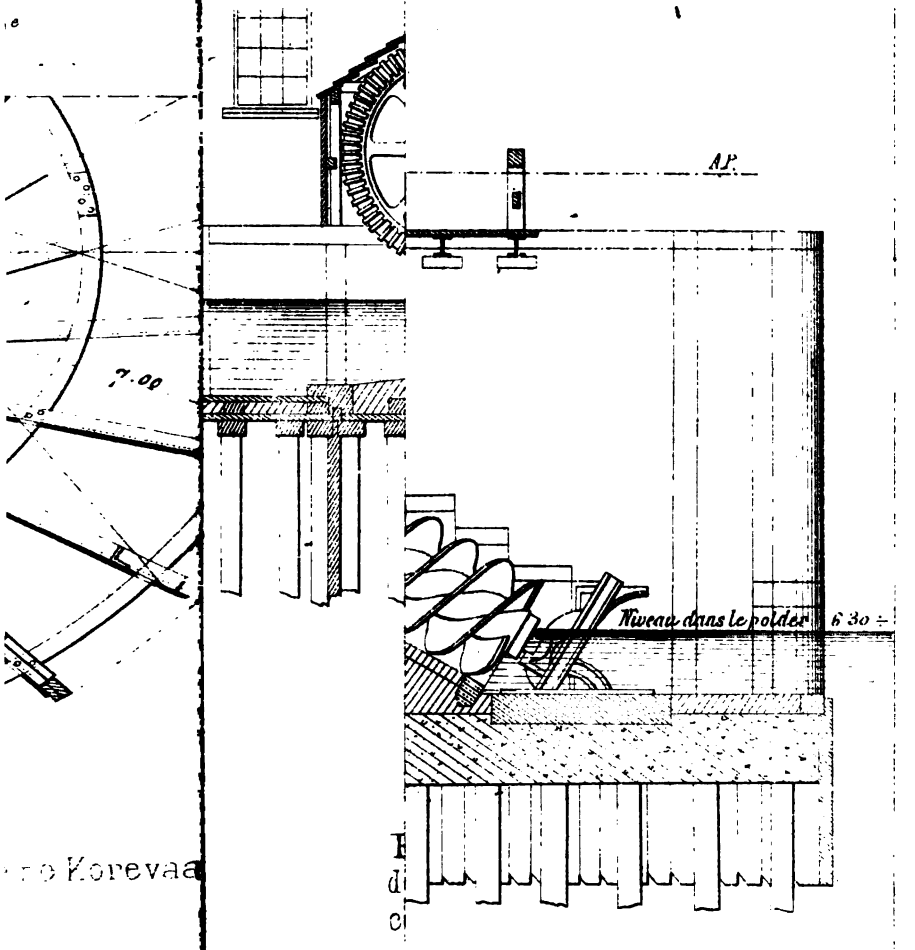
Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Emplois industriels et agricoles des scories du procédé Thomas.

Patentes.

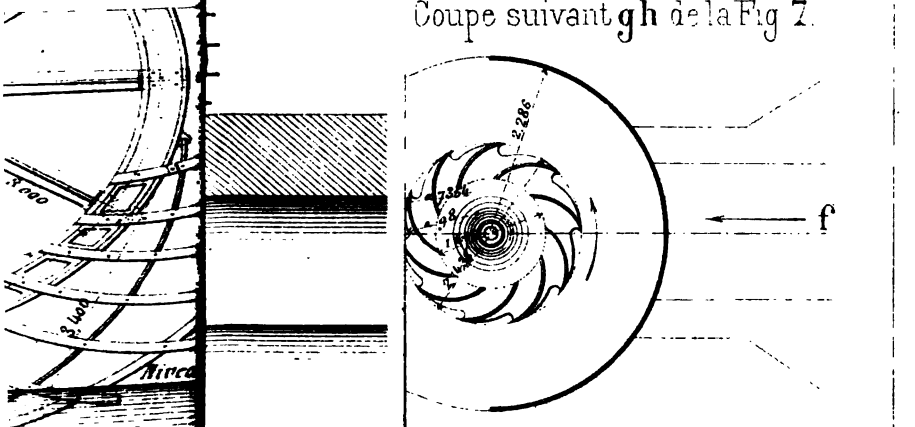
Variétés. — Brûleurs à gaz à régénérateurs et fours à gaz de Fred. Siemens.

Le Rédacteur de la Chronique,
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 19666-7.



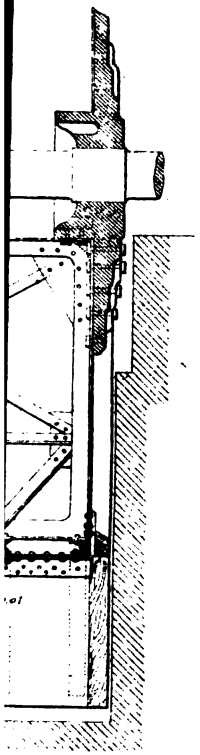
Coupe suivant **gh** de la Fig 7.



A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque. 2287 n° 87.

1870

gouvernementale.



dans le polder.

Légende

Légen

IS

US

SS

Leeuwarden

Blokzyl

Urk

Schokland

Koevorden

Kampen

De Ijssel

Wy

Elburg

Harderwyk

Fichelle

ijkerk

Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1887.

N° 4

Sommaire des séances du mois d'octobre :

1° *Décès* de MM. W. Buddicom, Léonce Vée, H. de Ruolz (Séance du 7 octobre, page 279);

2° *Nomination* de MM. A. Gottschalk et E. Level comme membres du Comité consultatif des chemins de fer (Séance du 7 octobre, page 280);

3° *Navigation de la Seine.* Lettre de M. H. Hersent (Séance du 7 octobre, page 281);

4° *Médaille d'or accordée par le jury de l'Exposition maritime du Havre* à M. L. Vasset pour ses appareils de refoulement des produits dragués. (Séance du 7 octobre, page 282);

5° *Histoire de l'Ecole Centrale*, par M. F. Pothier ; analyse par M. C. Przewoski (Séance du 7 octobre, page 282);

6° *Congrès international de Bordeaux 1886*, compte rendu par M. P. Hallopeau (Séance du 7 octobre, page 282);

7° *Les Phosphates de la Somme*, par M. P. Lévy (Séance du 7 octobre, page 286);

8° *Visite de M. de Hérédia, ministre des travaux publics* (Séance du 21 octobre, page 290);

Discours de M. A. Brüll, président (Page 290);

Discours de M. de Hérédia (Page 292);

9° *Le feu au théâtre*, par M. E. Trélat (Séance du 21 octobre, page 294);

10° *Rideau de fer pour théâtre*, par M. L. Edoux (Séance du 21 octobre, page 294);

11° *L'éclairage électrique au point de vue de la sécurité dans les théâtres*, par M. A. Vernes (Séance du 21 octobre, page 295).

Pendant le mois d'octobre la Société a reçu :

1° De M. L. Soulerin, sa brochure intitulée : *Etude sur un nouveau système de freins continus;*

2° De MM. A. Durand-Claye et A. Petsche, leur mémoire sur l'*Assainissement de Berlin;*

3° De M. A. Durand-Claye, son rapport sur la *4e Question du sixième Congrès international d'hygiène, tenu à Vienne en 1887;*

4° De M. E. Pontzen, membre de la Société : *ses Observations en réponse au rapport de M. A. Durand-Claye au sujet du système Waring;*

5° De M. C. Helson, sa note sur *la nouvelle forge de MM. A. Tardy et Benech, à Savone (Italie);*

6° De M. Piarron de Mondesir, membre de la Société, sa brochure : *Aérodynamique ou Mécanique des gaz;*

7° De M. S. Durassier, membre de la Société, sa brochure sur *le Repos du dimanche dans les verreries;*

8° De M. H. Bonnami, membre de la Société : 1° six brochures et notes sur *les Matériaux hydrauliques;* 2° une note sur *un Profilomètre analytique;*

9° De M. Olivier Arsène, membre de la Société, deux exemplaires de sa brochure sur *le Métropolitain.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Alavoine, présenté par MM. Brüll, Cornuault et Jordan.
Berson, — Berson, Donnay et Frey.
Logre, — Armengaud, Berruyer et Ménier.
Salgues, — Carimantrand, Mallet et Parent.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1887

Séance du 7 Octobre 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 août est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai le regret, de vous annoncer le décès de trois membres de la Société :

M. William Buddicom, sur lequel M. Whaley, notre collègue, a bien voulu nous écrire une lettre formant notice nécrologique.

M. Léonce Vée, que la plupart d'entre vous connaissent, membre de la Société depuis 1868, membre du Comité pendant plusieurs années, vice-président de l'Association des Élèves de l'École Centrale, expert près les tribunaux, secrétaire du Ministre des Travaux publics pendant le siège de Paris.

M. H. de Ruolz, membre de la Société depuis 1849, inspecteur général en retraite des chemins de fer, officier de la légion d'honneur, dont le nom s'est répandu dans le monde entier à l'occasion de la découverte de l'argenture galvanoplastique.

MM. E. Demanest, E. Bartissol et E. Recoppé ont été nommés chevaliers de la légion d'honneur.

M. A. Violet, commandeur de l'ordre royal du Cambodge.

M. C. Dodement, chevalier de l'ordre de la couronne d'Italie.

M. A. Evrard officier de l'ordre du dragon d'Annam.

Et M. F. Brard, commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. LE PRÉSIDENT. — Vous aurez remarqué sans doute, Messieurs, dans le *Journal officiel* du 8 septembre, un décret du Président de la République qui intéresse directement la Société des Ingénieurs Civils.

C'est un décret rendu sur la proposition du Ministre des Travaux Publics. Il s'agit de l'organisation du Comité consultatif des chemins de fer. Le Ministre expose au Président de la République que l'importance et la variété des intérêts de l'exploitation des chemins de fer l'ont amené à chercher à établir sur des basès plus larges l'organisation de ce comité dont le rôle est considérable. Il lui paraît important d'y faire entrer en dehors des membres du Parlement et des fonctionnaires supérieurs, des ingénieurs civils, des entrepreneurs, des négociants et un ouvrier; — et, en énonçant les personnes, les corporations auxquelles il désire faire appel à l'avenir, il désigne deux membres de la Société des Ingénieurs Civils, s'occupant ou s'étant occupés, soit en France, soit à l'étranger, de la question de l'exploitation des chemins de fer.

A la suite de cette proposition du Ministre des Travaux Publics, convertie en décret par la signature du Président de la République, figure un second décret nommant MM. Gottschalk et Level, avec la qualité expresse de membres de la Société des Ingénieurs Civils, membres du Comité consultatif des chemins de fer.

Tout à l'heure, le Comité en prenant connaissance de cet acte important, a décidé que des remercîments seraient adressés au Ministre des Travaux Publics (1).

---

(1) La lettre de remercîment est conçue dans les termes suivants :

Paris, le 8 Octobre 1887.

A MONSIEUR LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS

MONSIEUR LE MINISTRE,

La Société des Ingénieurs civils s'est réunie hier au retour des vacances et je me suis empressé de porter officiellement à sa connaissance le décret rendu sur votre proposition, le 7 septembre 1887, et portant réorganisation du Comité consultatif des chemins de fer, ainsi que le décret de même date nommant les membres de ce Comité.

Nous avons vu avec plaisir l'attribution à notre Société de deux sièges dans ce Conseil et nous sommes heureux d'enregistrer la nomination de MM. Gottschalk et Level, en qualité de membres de la Société des Ingénieurs civils.

Le Comité de la Société m'a donné, Monsieur le Ministre, l'agréable mission de vous remercier de la confiance que vous nous avez témoignée en cette occasion. Vous trouverez toujours parmi nous les compétences et les dévouements auxquels vous ferez appel pour le bien de l'Etat.

Nous vous prions de bien vouloir agréer nos remercîments et les

Je signale de plus à votre attention la nomination, dans le Comité consultatif, de MM. Arbel, Reymond et Villard, membres sociétaires, et de MM. Prévet et Poirrier, membres associés de notre Société.

Il est donné lecture de la lettre ci-dessous de M. Hersent :

« J'ai lu avec intérêt, les lettres de M. de Coëne et de M. Boulé, ingénieur en chef, qui ont cru devoir faire des observations sur la communication relative à la Seine.

» Ces deux lettres affirment que l'amélioration du fleuve a permis ou déterminé l'augmentation du trafic ; j'en suis fort aise.

» Les chiffres apportés par M. l'Ingénieur en chef de la Seine, concernant la partie la plus fréquentée du fleuve, entre l'Oise et Paris, sont très instructifs, puisque, d'une part, ils établissent que les ouvrages sont terminés depuis trois ans ; que le trafic est passé de 1 756 078 tonnes, en 1881, à 2 442 169 en 1886, et que la dépense des travaux appliquée sur le dernier chiffre atteint près de 0,01 par tonne kilométrique. Ces chiffres n'infirment pas les déductions approximatives que j'ai faites au sujet de la répartition des dépenses sur la partie de navigation entre Rouen et Paris.

» Je suis très heureux que M. l'Ingénieur en chef ait bien voulu

---

présenter, avec l'expression de notre profond respect, à Monsieur le Président de la République.

J'ai l'honneur d'être Monsieur le Ministre, votre tout dévoué serviteur.

Signé : Brüll,
Président.

Voici la réponse que M. le Ministre des Travaux publics a adressée à la Société :

Paris, le 12 Octobre 1887.

Monsieur le Président,

J'ai été très sensible aux termes de la lettre que vous m'avez adressée au nom de la Société des Ingénieurs civils, dont j'ai pu apprécier de longue date la compétence et le dévouement.

Je vous prie de remercier en mon nom vos collègues, et de les informer que je ne manquerai pas de faire part à M. le Président de la République des sentiments dont vous vous êtes fait l'interprète.

Agréez, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Le Ministre des Travaux publics
Signé : De Hérédia.

nous donner des renseignements précis, qui seront, sans doute, publiés au Bulletin ; il y a lieu de l'en remercier. »

Nous avons reçu une lettre de M. de Coëne, communiquant une protestation contre le rétablissement des droits de navigation sur les canaux et rivières navigables.

Cette pièce intéressante pourra être consultée aux archives de la Société.

Nous avons reçu la lettre suivante :

Le Havre, 14 septembre 1887.

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous informer que le jury de l'Exposition maritime du Havre m'a accordé la médaille d'or pour l'ensemble de mes appareils de refoulement des produits dragués.

Depuis que j'ai eu l'honneur d'en faire fonctionner un sous vos yeux et devant un certain nombre de mes collègues au canal de Tancarville le constructeur de mes appareils et collaborateur, M. Bony, directeur de la maison Gabert, de Lyon, a pris commande de :

1° Un appareil refoulant par heure 200 mètres de déblais à un kilomètre en les élevant à 5 mètres de hauteur.

2° Six appareils refoulant 200 à 300 mètres à l'heure en les élevant à 15 mètres de hauteur.

Recevez, Monsieur le Président, mes respectueuses salutations.

Louis Vasset.

Enfin, nous avons reçu une notice sur l'exposition d'une machine hydraulique à essayer les métaux, système Emery. M. Emery nous invite à venir voir, au Conservatoire des Arts et Métiers, une machine à essayer les métaux, qui peut produire une traction de 68 tonnes.

M. Przewoski présente l'analyse de l'histoire de l'Ecole Centrale par M. F. Pothier.

M. le Président remercie M. Przewoski de son compte rendu qui figurera au Bulletin, et aussi notre collègue M. Pothier du gracieux envoi de son magnifique ouvrage.

M. le Président. — Nous avons reçu le compte rendu du Congrès international qui a eu pour objet l'enseignement commercial, technique et industriel, et qui s'est tenu à Bordeaux en septembre 1886. M. Hallopeau, qui a été délégué par la Société à ce Congrès, nous dira en peu de mots ce qui s'y est passé.

M. Hallopeau. — La Société Philomathique de Bordeaux, bien connue de beaucoup d'entre nous par le beau succès qu'elle a obtenu en organisant l'Exposition régionale de 1882, a tenu du 20 au 25 sep-

tembre 1886 un *Congrès international* ayant pour objet l'enseignement *technique, commercial et industriel.*

— M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

— M. le Ministre de l'Instruction publique,

— Le Département de la Gironde,

— La Ville et la Chambre de commerce de Bordeaux,

ont bien voulu accorder leur patronage à cette œuvre entièrement due à l'initiative privée.

Des invitations à prendre part aux travaux du Congrès avaient été adressées en France et à l'Etranger, aux Sénateurs, Députés, Chambres de commerce, Sociétés savantes et enfin à tous les représentants de l'enseignement technique.

C'est de ce fait que M. Hersent, alors président de notre Société, a bien voulu me confier la mission de vous représenter, à titre de délégué; et c'est à ce titre que M. Brüll me laisse le soin d'attirer un moment votre attention sur le compte rendu qui vient d'être publié.

Sans entrer dans aucun détail, car les minutes me sont comptées, je ferai seulement ressortir les principaux résultats constatés dans ce beau et bon volume qui mérite à plus d'un titre, de prendre place dans notre bibliothèque.

Environ 800 membres français et étrangers ont été présents ou représentés, non compris un grand nombre de Sociétés industrielles ou savantes, d'Associations scientifiques, Chambres de commerce, Chambres syndicales, Ecoles spéciales et professionnelles de tous les pays.

En fait, l'affluence a été considérable, mais sans qu'il y ait encombrement par suite des bonnes dispositions prises par notre collègue, M. Manès, directeur de l'Ecole de Commerce, école dont les amphithéâtres sont d'ailleurs très vastes.

Les gouvernements étrangers étaient représentés également par des délégués, notamment la Russie, la Grande-Bretagne, l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Suisse, la Belgique, la Roumanie, la Serbie, et enfin la Nouvelle Galles du Sud.

Quant au gouvernement français, les divers ministères avaient désigné un certain nombre de délégués parmi lesquels je dois citer plus spécialement :

— M. le colonel Laussedat, membre honoraire de notre Société;

— M. Gréard, vice-recteur de l'Académie de Paris;

— M. Jacquemart, inspecteur général de l'enseignement technique;

— M. Cauvet, directeur de l'Ecole Centrale.

M. Jacquemart et M. Cauvet sont l'un et l'autre membres de notre Société.

La Société Philomathique fut aidée dans sa propagande par un Comité de patronage de la Presse technique parisienne, dirigé par M. Chabrier et par M. de Nansouty, rédacteur en chef du *Génie Civil*.

Comme d'usage, pendant toute la durée du Congrès qui a duré cinq jours, les travaux furent répartis en deux séries :

Le matin : réunion des sections ;

Le soir : réunion générale ;

Le matin, les membres du Congrès se sont partagés en deux sections :

— L'une, la section industrielle, sous la présidence de M. le colonel Laussedat ;

— L'autre, la section commerciale, sous la présidence de M. Siegfried, membre du Conseil supérieur de l'enseignement technique.

Les séances de l'après-midi, réservées à l'étude des questions générales, ont été présidées par M. Léo Saignat, professeur à la Faculté de droit de Bordeaux, président de la Société Philomathique.

Toutes les communications ont été faites en français ; elles furent nombreuses et suivies de discussions fort intéressantes, dont vous trouverez le résumé dans la publication que nous a envoyée gracieusement la Société Philomathique.

J'appellerai surtout l'attention de la Société, comme devant l'intéresser plus spécialement, sur les vœux adoptés par la section industrielle à la suite de longues délibérations.

Ces vœux sont ou nombre de douze ;

J'en donnerai seulement la substance :

1° Enseignement du dessin dans les écoles primaires ;

2° Multiplication des écoles professionnelles et industrielles, en développant de préférence telle ou telle branche de l'enseignement, suivant l'industrie locale ;

3° Création d'écoles types pour l'apprentissage dans les grands centres ;

4° Encouragement par les communes et par l'Etat, par subvention ou de toute autre manière, pour les institutions créées par l'initiative privée en faveur de cours professionnels de jour et du soir ;

5° Développement, sous l'action des communes et de l'Etat, de l'instruction scientifique, théorique et pratique des travailleurs des champs ;

6° Admission des enfants dans les écoles d'apprentissage ou écoles techniques du premier degré, seulement après examen satisfaisant sur les matières de l'enseignement primaire élémentaire ;

7° Institution d'un comité de patronage près chaque école professionnelle, pour la surveillance des exercices de fin d'année et de fin d'études, et pour le placement des anciens élèves ;

8° Fixation du programme d'études de chaque école par le Comité de patronage, suivant les besoins de l'industrie de la région ;

9° Distribution de diplômes ;

10° Musées et bibliothèques scolaires ;

11° Bourses de voyages en fin d'études ;

12° Création de cours du soir.

La section commerciale a émis également un grand nombre de vœux ; je ne citerai que les plus importants :

1° Création d'un diplôme en faveur des élèves des sept écoles de commerce qui existent actuellement en France ;

2° Sursis d'appel de cinq ans pour le service militaire, aux jeunes Français séjournant hors d'Europe, sursis qui se transformerait en exemption définitive après un nouveau séjour de cinq années consécutives ;

3° Création en province d'écoles d'enseignement commercial pour les femmes, semblables à celles de Paris et de Lyon.

Une remarquable conférence a été faite par M. le colonel Laussedat, sur l'organisation actuelle et les travaux de notre Conservatoire national des Arts et Métiers.

En résumé, ceux d'entre nous qui ont à diriger des ateliers, ou qui s'occupent de cette partie de la science sociale et de l'économie politique dans laquelle est compris l'enseignement technique, et ils sont nombreux, pourront puiser dans ce compte rendu de nombreux et précieux renseignements.

Tous, nous y trouvons un bel exemple des résultats obtenus par l'initiative privée, quand elle est guidée par l'amour du bien, l'esprit d'union et de concorde, le sentiment du devoir.

Dans la dernière séance du Congrès, au moment de se séparer, il a été dit un mot que je veux faire ressortir :

M. de Messoyerdoff, délégué du Gouvernement russe, répondant au nom des délégués étrangers au discours d'adieu du Président, a signalé les efforts et les recherches faits en 1871 et années suivantes, lors de la création de la *Société Russe pour l'amélioration du travail national en mémoire du Tzar-libérateur Alexandre II*, et il a terminé en disant : « La meilleure école de l'Europe, c'est l'Ecole de la Villette (1). »

Au milieu des épreuves dont souffrent nos sentiments de patriotisme, cet hommage nous a été bien sensible ; il doit nous donner confiance dans le résultat des efforts considérables faits par notre pays pour le développement de l'enseignement professionnel.

M. de Messoyerdoff a annoncé qu'il proposera à son gouvernement, selon le vœu exprimé à Bordeaux, d'organiser en juin 1888 un nouveau Congrès. Les discussions au Congrès de Saint-Pétersbourg auront lieu en *français*.

Enfin, je dirai que la question d'un Congrès du même genre, à tenir à Paris en 1889, a été posée.

J'émets à mon tour le vœu que notre Société puisse prendre une part active à l'une et à l'autre de ces grandes assises du Commerce et de l'Industrie.

(1) Cette école fondée par le Conseil municipal de Paris en 1871-1872 est dirigée par notre collègue M. J. Bocquet, membre du Congrès de Bordeaux.

Quant à présent, je vous prierai, Messieurs, de vouloir bien vous joindre à moi pour remercier la Société Philomathique et son honorable Président, M. Léo Saignat, et du bon accueil réservé à votre délégué et aussi de l'aimable envoi que nous avons reçu pour notre bibliothèque. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, nous remercions l'auteur de cet intéressant compte rendu et nous remercions aussi la Société Philomathique et son honorable Président, M. Léo Saignat.

Vous savez qu'il y a eu, pendant ces vacances, plusieurs autres congrès : vous ne serez pas sans nouvelles de ces réunions, car plusieurs de nos collègues y ont assisté : M. Canovetti, au congrès de Venise ; MM. Cerbelaud et Polonceau, au congrès de Milan ; MM. Trélat, Herscher et plusieurs autres membres de la Société, au congrès d'hygiène.

M. PAUL LÉVY présente sa communication sur *les phosphates de la Somme*, qui sera insérée au Bulletin.

M. LENICQUE. — J'ai quelques observations à présenter, non pas pour combattre les idées de M. Lévy au point de vue de la production même du phosphate de chaux, mais pour exposer mon opinion sur le mode de formation des dépôts de phosphate.

Ayant été chargé par la Compagnie française des phosphates de Beauval d'installer son atelier de broyage et de préparation, j'ai pu étudier sur place la question de formation des dépôts dont M. Lévy nous a parfaitement décrit l'aspect.

M. Lévy pense que ces dépôts ont été le résultat de l'action de sources souterraines : je ne partage pas cet avis.

J'ai eu souvent l'occasion de voir des amas de minerais provenant de l'action des sources souterraines, et j'ai toujours remarqué que, dans ce cas, il y a au milieu des amas un noyau de matières provenant directement de la source génératrice et formant ainsi un témoin de la cause productrice. Je citerai comme exemple les gisements du Laurium, où les amas calaminaires ont été produits certainement par l'action, sur le calcaire compact, de sources sulfureuses contenant des sulfures de zinc, de plomb et de fer : l'érosion de la roche s'est produite en forme de cône dont la pointe est en bas et la calamine (carbonate de zinc) a rempli la poche en laissant au centre un noyau composé de trois sulfures (blende, pyrite et galène).

Dans le cas des phosphates de Beauval, je n'ai pas trouvé de noyau semblable. Un journal d'agriculture a publié une note relative à la question qui nous occupe en ce moment, et il y a été dit comme preuve de la formation par sources souterraines, que l'on trouve au centre des poches de phosphate un noyau d'argile indiquant le passage de la source. Je demanderai à M. Lévy si, plus heureux que moi, il a rencontré de pareils noyaux.

M. P. Lévy. — Je ne l'ai jamais constaté.

M. Lenicque. — Par conséquent c'est déjà un point acquis.

Il est évident pour moi que les dépôts de phosphate ont été produits par des tourbillons.

Si vous examinez le dessin que M. Lévy a fait au tableau, vous verrez que l'argile et le phosphate sont superposés l'un à l'autre, et que la surface de séparation est sensiblement un paraboloïde de révolution : ce fait s'explique par l'effet de la force centrifuge dans un mouvement tourbillonnaire. Le phosphate d'une densité 3,2 s'est porté à la partie extérieure, tandis que l'argile d'une densité 2,2 a occupé le centre de la poche.

Je demanderai à M. Lévy si, en présence de cette observation, il reste convaincu de la formation par émission souterraine et non par tourbillons.

M. P. Lévy. — Par tourbillons, soit; mais par l'eau venant souterrainement.

M. Lenicque. — La présence de nombreuses dents de squale prouve, à mon avis, que les eaux sont venues par dessus et non par dessous. Et puis, si la craie a été attaquée par l'acide carbonique, où sont passés les silex noirs de cette craie? Ne devraient-ils pas se trouver forcément au fond des poches?

Si, au contraire, nous admettons que les érosions ont été produites par des tourbillons violents, nous pouvons concevoir que les silex aient été entraînés avec la craie délayée; puis, sous l'action de tourbillons plus calmes, les poches se sont remplies de phosphate et d'argile comme je l'ai dit plus haut.

Je n'apporte pas une théorie absolument irréfutable, mais je crois que la question peut rester ouverte et je prie M. Lévy de continuer l'étude qu'il a si bien commencée; je suis persuadé qu'il pourra nous apporter d'autres renseignements très intéressants.

M. le Président. — Nous avons reçu de notre collègue, M. Lanet la lettre suivante relative à cette question.

Grenoble, 26 juillet 1887.

Monsieur et cher Président,

Je ne puis, à mon plus vif regret, me trouver à Paris vendredi pour lire la note de M. Paul Lévy et donner à la Société quelques renseignements sur d'autres gisements que j'ai pu examiner dans ces derniers temps. Je vous demanderai la permission de faire plus tard une communication sur ces gisements de phosphates, et sur un nouveau procédé d'enrichissement auquel je crois un grand avenir.

L'historique de la découverte des gisements de Beauval dans la note de M. Lévy est exact, mais je ne suis pas de l'avis de l'auteur sur

l'origine de leur formation. La présence des dents de poisson est absolument contraire à l'hypothèse de l'existence préalable de l'apatite (1) ; de plus, les eaux carboniquées, qu'elles soient aériennes ou souterraines, *n'ont jamais pu attaquer les apatites*. Enfin l'apatite forme des filons dans les terrains anciens, et c'est aller un peu loin que d'en supposer seulement l'existence dans la craie de Beauval. Pour moi, il est évident que la craie phosphatée pauvre existait d'abord, puisque aujourd'hui on trouve le sable riche reposant sur cette craie. N'est-il pas plus simple d'admettre que la nature a fait un enrichissement naturel de cette craie en dissolvant le carbonate de chaux dans des eaux chargées d'acide carbonique. L'action dissolvante de ces eaux s'est opérée d'une façon irrégulière, suivant leur acidité, leur vitesse, leur direction, la nature de la roche, etc... Loin de moi l'idée de critiquer M. Lévy, mais vous avez bien voulu penser à moi, mon cher Président, et puisque j'ai le regret de vous manquer, c'est le moins que j'explique ces quelques points.

Croyez, je vous prie, à mes sentiments distingués et dévoués.

Henri LANET.

M. DERENNES. — J'ai eu le plaisir de faire la visite des gisements de Beauval en compagnie de M. Stanislas Meunier ; il nous a paru manifeste que les amas de phosphates sableux exploités à Beauval se trouvent dans des cavités creusées à la surface de la craie par les agents ordinaires des érosions géologiques et principalement par les eaux chargées d'acide carbonique ; ces cavités ont été remblayées par des couches différemment classées et triées de phosphate, d'argile, de gravier, provenant de roches préexistantes, parmi lesquelles se trouvait un mélange de craie et de chaux phosphatées.

Cette opinion est corroborée par l'analogie que présentent dans leur allure certains amas de phosphates sableux des exploitations de Ciply, près de Mons, avec ceux de Beauval.

A Ciply, la roche principale est une craie brune pétrie de petits grains de phosphate de chaux, et offre une teneur moyenne de 25 0/0 de phosphate tribasique.

Lors de notre visite, il y a cinq ans, on exploitait de vastes poches, à contours arrondis, creusées dans la masse de craie phosphatée ; dans ces poches se trouvait accumulé un phosphate sableux, résidu évident de la dissolution de la craie phosphatée, dont la teneur atteignait et dépassait 60 0/0.

La découverte et l'exploitation de ces poches, d'une richesse exceptionnelle, furent l'occasion de spéculations importantes, mais une fois les poches vidées, on a dû se contenter d'exploiter, comme dans les

(1) Phosphate de chaux cristallisé, avec une petite proportion de fluorure et de chlorure de calcium.

autres usines du pays, la craie à 25 0/0, avec des bénéfices beaucoup moindres.

En somme, d'une part, à Beauval, les poches sont fort analogues à celles trouvées à Ciply; d'autre part, le mode de formation de ces dernières ne paraît pas douteux.

La formation des poches de phosphate sableux de Beauval et de Ciply est comparable à celle des cavités creusées dans le calcaire grossier, dans la craie, etc., et que l'on connaît sous le nom de *puits naturels*, cavités comblées par la destruction de roches qui surmontaient celles dans lesquelles elles sont creusées.

Un Membre, qui a eu occasion de visiter les gisements de Beauval, déclare se ranger d'une façon absolue à l'opinion qui vient d'être émise.

Il ajoute que, dans le bassin de la Somme, il a trouvé trois principaux gisements affectant tous la direction nord-sud, et ayant la même altitude de 120 à 130 *m*. Il serait donc étonnant que ces gisements fussent le résultat d'une formation souterraine.

M. le Président demande à M. Fuchs, ingénieur en chef des mines, qui a bien voulu se rendre à l'invitation de la Société, s'il serait disposé à présenter quelques observations sur un sujet qu'il connaît à fond et qu'il a traité si brillamment au Congrès de Nancy.

M. Fuchs, se rendant volontiers à l'appel de M. le Président, présente des explications géologiques qui seront insérées *in extenso* au Bulletin.

M. Auguste Moreau. — Les personnes qui s'intéressent à ces questions trouveront encore des renseignements dans une brochure de M. Ludovic Breton, qui a été publiée dans le *Bulletin de l'Industrie minérale*, de 1887. J'appellerai aussi l'attention de la Société sur une autre brochure de M. Lasne, sur la solubilité des phosphates. M. Lévy a affirmé qu'un phosphate n'était pas utilisable par l'agriculture, s'il n'était pas travaillé par l'acide et superphosphaté.

M. Lévy. — J'ai dit qu'il était peu assimilable par les plantes.

M. Auguste Moreau. — Eh bien ! M. Lasne a démontré le contraire. Je profiterai de cette occasion pour faire l'analyse de sa brochure dans une prochaine séance. Il pourra en résulter une discussion qui éclaircira ce point si important pour notre agriculture nationale.

M. le Président. — Je remercie M. Lévy de son intéressante communication; il a pu voir l'intérêt que la Société y prenait par la discussion qu'elle a soulevée. Je remercie les membres qui ont pris part à cette discussion, et en particulier, en votre nom à tous, M. Fuchs, qui a bien voulu nous faire la peinture saisissante de la formation suc-

cessive de ces terrains. A l'occasion du livre de M. Lasne, nous pouvons reprendre ces questions. L'Angleterre, la France, l'Allemagne et l'Autriche consomment par an près de deux millions et demi de tonnes de phosphate de chaux. On s'attache à utiliser les phosphates contenus dans les laitiers de déphosphoration, et tout fait espérer que l'agriculture pourra s'en emparer. C'est une question de premier ordre, et je suis heureux que la Société des Ingénieurs civils s'en soit occupée

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 21 Octobre 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. de Hérédia, ministre des travaux publics ; MM. les directeurs Guillain et Lax ainsi que M. Gerardin, chef du cabinet, invités à assister à la séance, sont présents.

M. LE PRÉSIDENT prononce l'allocution suivante :

MONSIEUR LE MINISTRE,

La Société des Ingénieurs Civils, très honorée de votre visite, vous remercie d'être venu assister à ses travaux. Soyez le bienvenu dans notre modeste maison, et, sous la simplicité de notre accueil, veuillez voir le plaisir que nous éprouvons à vous recevoir.

Déjà vous connaissez notre Société et vous l'avez récemment distinguée parmi les institutions qui pouvaient apporter un utile concours dans les conseils techniques de votre ministère. Je veux parler des décrets du 7 septembre dernier qui appellent deux membres de la Société des Ingénieurs Civils à siéger dans le Comité consultatif des chemins de fer.

Mais il convient cependant que je vous explique en peu de mots notre organisation, le but et la nature de nos travaux habituels.

La Société, fondée en 1848, aussitôt après la proclamation de la République, par un groupe d'anciens élèves de l'Ecole centrale, est essentiellement une œuvre d'initiative privée.

Elle se propose pour objets principaux d'entretenir l'esprit de confraternité entre ses membres et d'étudier les questions d'art, les appli-

cations de la science, les sujets d'économie industrielle et d'utilité publique.

Le nombre des membres dépasse actuellement 2 100. Les sociétaires sont tous des Ingénieurs Civils, travaillant soit à leur propre compte, soit au service technique des industriels ou des Compagnies, mais non au service du Gouvernement. Les membres associés sont des industriels ou des hommes adonnés à l'étude des sciences qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur.

Enfantée sous le souffle puissant de la liberté, la Société a toujours été animée du libéralisme le plus large. C'est ainsi que, fondée par des élèves de l'Ecole centrale, elle admet dans son sein, sur le pied de la plus parfaite égalité, des Ingénieurs sortis de toutes les écoles et ceux aussi qui se sont formés par eux-mêmes à la profession. Les opinions s'y expriment librement et, bien que les questions techniques puissent, comme d'autres, animer et diviser les esprits, nous les discutons sans contrainte et, à l'issue du débat, nous nous gardons bien de consacrer aucune conclusion par un vote.

Notre gouvernement est des plus démocratiques. Toutes les fonctions ici se donnent à l'élection, au suffrage universel et pour une année seulement.

J'oserai dire que, dans une existence de quarante années, avant comme après la date de 1860, où elle a été reconnue d'utilité publique, la Société n'a pas cessé de servir les intérêts du pays. Dans l'année de sa fondation, elle s'est occupée activement de la réorganisation des ateliers nationaux et de l'institution de cours publics pour les ouvriers. Pendant la guerre contre l'Allemagne, presque tous ses membres, enrôlés dans divers corps militaires ou occupés à la fabrication des armes et des munitions, se sont dévoués de tout leur pouvoir à la défense nationale. Enfin, nos études de chaque jour, dont le détail se trouve dans la collection de nos publications, régulièrement adressées à votre département, ont porté sur toutes les questions de travaux publics et d'industrie qui intéressent si directement la prospérité publique.

Ai-je besoin de dire que, satisfaits d'un programme aussi étendu, nous avons toujours banni de nos discussions les questions religieuses et politiques.

Telle est la Société que vous honorez aujourd'hui de votre présence.

Messieurs les Ingénieurs de l'Etat,

Nous vous remercions d'avoir bien voulu accompagner M. le Ministre des Travaux publics. Déjà, nous nous flattons des bons rapports que nous avons toujours entretenus avec vous. Chaque fois que nous étudions ici les sujets sur lesquels vos fonctions vous donnent une compétence naturelle, nous ne manquons pas de faire appel à vos lu-

mières, de même que nous vous offrons à l'occasion notre loyal concours pour éclairer, par nos libres débats, les questions techniques que comportent les importants services dont vous avez la charge. La réunion de ce soir affirme et resserre ces amicales relations.

Monsieur le Ministre,

Nous nous permettrons de voir dans votre visite une marque spéciale de l'intérêt que vous prenez aux efforts des énergies individuelles, de la sollicitude du Gouvernement pour les groupes de travailleurs qui contribuent à la prospérité de notre patrie bien aimée, et sauront, malgré les difficultés de l'époque, lui conserver son rang dans la lutte si ardente des peuples. Déjà vous avez fourni de nombreuses preuves de ces sentiments patriotiques. Nous nous félicitons hautement de l'éclatant témoignage que vous voulez bien nous en donner aujourd'hui. Forts de l'encouragement que vous nous apportez, nous continuerons à maintenir haut et ferme le drapeau du génie civil de France.

J'ai l'honneur de vous inviter, Monsieur le Ministre, à prendre la présidence de cette séance, dans laquelle nous nous proposons d'étudier les questions relatives à la sécurité dans les théâtres. *(Applaudissements.)*

PRÉSIDENCE DE M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

M. LE MINISTRE prend la présidence et prononce les paroles qui suivent :

M. le Président,

Il est des éloges qui, venant de certains hommes, ont un prix tout particulier et une saveur spéciale : ceux que vous voulez bien m'adresser sont bien faits pour m'inspirer quelque vanité. Mais, permettez-moi de vous dire que ceux que vous avez réservés à mes éminents collaborateurs des Ponts et Chaussées, qui m'ont accompagné ce soir, ont pour moi une valeur inappréciable : ils m'indiquent que, entre eux et vous tous, Messieurs, il existe une véritable confraternité professionnelle. Vous avez exprimé les sentiments les plus aimables, les meilleurs, à leur adresse, avec une courtoisie qui me va tout droit au cœur, et qui, à coup sûr, sera grandement appréciée par M. Guillain et par M. Lax. — *(Applaudissements).*

Messieurs, je vous connais depuis longtemps; j'ai suivi, de loin il est vrai, mais avec un très vif intérêt, vos travaux. Quelques-uns d'entre eux ont plus spécialement attiré mon attention. Je sais qui vous êtes; votre histoire est de celles qu'on n'oublie pas; elle vous fait honneur. Vous vous réclamez d'une grande époque de rénovation politique et sociale, de l'année 1848. A cette date, la Société des Ingénieurs Civils, tout nouvellement créée, était au premier rang parmi celles que préoccupaient les problèmes à résoudre. Vous avez tout

particulièrement alors touché à une grave question qui, aujourd'hui, est plus que jamais à l'ordre du jour. Cette question — qui me passionne personnellement — est la question de l'enseignement professionnel. J'ai eu le bonheur de lire, dans les annales qui m'ont été communiquées par mon ami, M. Level, un rapport de M. Rouget de l'Isle, je crois, qui, à ma grande surprise, traçait magistralement, dès cette époque, les lignes exactes de notre programme actuel d'enseignement industriel et professionnel. Nous commençons seulement aujourd'hui, dans nos régions officielles, à appliquer les idées que votre Société propageait il y a quarante ans. — *(très bien! très bien!)*

Vous vouliez, dès 1848 — et c'est là votre honneur, — créer, par le concours libre des initiatives privées et avec l'appui des hommes les mieux indiqués pour cette grande œuvre de régénération, vous vouliez, dis-je, créer l'Université Industrielle. C'était là le nom que vous donniez vous-mêmes à cette institution nouvelle. Vous vouliez l'élever et la fortifier en face de l'Université des sciences.

Eh bien, Messieurs, je ne puis m'empêcher de regretter que vos avis n'aient point été écoutés : nous aurions singulièrement avancé dans la voie des progrès industriels : il est vrai que, pour un pays comme la France, si intelligent, si prime-sautier, le temps perdu se rattrape aisément. Nous comptons sur vous tous, Messieurs. Je sais que votre Société est largement représentée dans les associations libres d'enseignement professionnel créées à Paris et en province. Dans certaines sociétés puissantes, comme l'Association philotechnique, dont j'ai eu l'honneur d'être longtemps le président, dans la Société professionnelle du Rhône, dans les Sociétés industrielles de Lille, de Reims, partout, aujourd'hui, je vois sur la liste des professeurs les plus éminents et les plus zélés, des Ingénieurs Civils. Ce sont là, Messieurs, des services qu'on n'oublie pas. Et, à côté de ces services rendus à la culture industrielle de ce pays, ai-je besoin de citer les services tout à fait distingués que vous avez rendus et que vous rendez tous les jours à la grande industrie française.

C'est donc un honneur pour le Ministre des Travaux publics de venir siéger ici, à côté de vous. J'aurais presque voulu me dissimuler là, sur ces bancs, à côté de vous, Messieurs. Un siège plus modeste eût peut-être mieux convenu à la modestie d'un laïque comme moi. Je n'ai pas la culture spéciale et la compétence technique qui vous distinguent. Vous auriez eu en face de vous un élève très heureux d'entendre les discours éloquents et les communications précieuses que votre ordre du jour nous promet.

Quoi qu'il en soit, Messieurs, cette soirée, à mon sens, inaugure plus cordialement que jamais une période d'intimité que je serai personnellement charmé de voir se perpétuer entre les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et les Ingénieurs Civils. C'est là, en réalité, la signification véritable de ma visite au milieu de vous. Encore une

fois, merci de votre accueil si cordial, je dirai presque si fraternel.

Vous êtes des hommes de science et des patriotes. A ce double titre, vous avez droit à toutes mes sympathies et à toute ma confiance. (*Applaudissements répétés.*)

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. Trélat pour sa communication sur la sécurité dans les théâtres.

M. E. TRÉLAT développe le rapport qu'il a remis, au nom d'une sous-commission, à la commission instituée par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, pour examiner les précautions à prendre contre les incendies et pour étudier les réformes à apporter dans les théâtres subventionnés. Il fait connaître et commente les conclusions de son rapport.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. L. Edoux pour sa communication sur la construction des rideaux de fer des théâtres et sur son système de manœuvre hydro-électrique.

M. L. EDOUX fait, au sujet de son système de rideau de fer pour théâtres, avec manœuvre hydro-électrique, une communication dont le résumé suit :

Dans son ensemble, le système de rideau de fer de M. L. Edoux comporte trois parties principales distinctes :

1° Le rideau proprement dit:

Il est constitué d'une armature rigide en fers à double T et en U, sur laquelle est rivée, du côté de la salle, une tôle présentant une surface parfaitement plane et lisse.

Cette immense table métallique est guidée dans son mouvement au moyen de deux tiges verticales en fer rond, tournées, sur lesquelles glissent à frottement doux des coulisseaux en fonte fixés sur le cadre du rideau.

Pour l'équilibrage de la majeure partie du poids du rideau, deux chaînes sont attachées au cadre supérieur, passent en haut sur des poulies de transmission et portent à leurs extrémités des contre-poids généralement logés dans des cheminées le long du mur de scène.

En certains cas, où cette disposition peut présenter des inconvénients, il est fait application du nouveau mode d'équilibrage inférieur immergé, imaginé par M. L. Edoux, et dont l'avantage est de dissimuler tous les organes dans un caisson et un cylindre placés dans les dessous. C'est ce qui a été fait à la Comédie-Française;

2° Les élévateurs :

Le mouvement est donné au rideau au moyen de deux élévateurs hydrauliques, comportant chacun un piston plongeur, voyageant dans un cylindre étanche muni d'un stuffing box. Le rideau est fixé de chaque côté sur la tête du piston plongeur.

Les deux cylindres sont reliés par un tuyau communiquant vers son

milieu avec le distributeur dont le jeu détermine à volonté l'introduction de l'eau motrice, provenant soit des conduites publiques, soit d'un réservoir supérieur, pour produire la montée des pistons ou l'évacuation de l'eau morte pour la descente ;

3° La manœuvre hydro-électrique :

Le mouvement de va et vient du levier du distributeur est réalisé au moyen d'un moteur auxiliaire actionné par la pression de l'eau et dont le piston se meut dans un sens ou dans l'autre par le jeu d'un petit robinet commandé par deux leviers à lentille et deux gâches à déclanchements obéissant à l'influence de courants électriques produits par une pile. L'un des leviers commande le mouvement de montée ou l'arrêt de celui de descente, tandis que l'autre commande le mouvement de descente ou l'arrêt de celui de montée.

On conçoit, d'après cela, qu'avec deux boutons de contact reliés chacun par un courant spécial à l'une des gâches, on commande toute la manœuvre.

Ces postes doubles ou d'autres postes secondaires à un seul bouton, pour la descente seulement, peuvent être établis en nombre quelconque et en quelque endroit que ce soit, puisqu'il suffit pour cela de disposer en conséquence le parcours des fils conducteurs.

En dehors des trois parties qui viennent d'être succinctement décrites, la séparation de la salle et de la scène d'un théâtre nécessite le plus ordinairement un panneau métallique fixe, destiné à fermer la partie supérieure de la baie de la scène, derrière le manteau d'Arlequin. Il suffit de mentionner ce panneau dont la construction n'offre rien de particulièrement intéressant.

M. L. Edoux termine en faisant ressortir la parfaite conformité des dispositions qu'il vient de décrire avec les prescriptions formulées par la Commission supérieure des théâtres comme indispensables à la sécurité publique.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. A. Vernes pour sa communication sur l'éclairage électrique au point de vue de la sécurité dans les théâtres.

M. A. VERNES. — On admet, en général, Messieurs, qu'un théâtre entièrement éclairé à l'électricité est à l'abri de l'incendie.

Cette supposition est-elle fondée, je vais m'efforcer de vous donner quelques explications à ce sujet.

Vous n'ignorez pas que l'éclairage électrique a pris, depuis ces dernières années, un très grand développement et que, soit sous forme de lampes à incandescence ou de lampes à arc, vous êtes à même d'en voir tous les soirs de nombreuses applications.

Les lampes à incandescence, dont vous voyez ici plusieurs modèles, sont, comme vous le savez, composées d'un filament de carbone, placé dans une ampoule de verre dans laquelle on a fait un vide absolu.

En faisant varier la longueur et la résistance que l'on donne à ce filament, on obtient une lumière plus ou moins intense, pouvant donner, depuis la clarté d'une veilleuse jusqu'à celle d'un foyer intensif de 20 à 30 carcels.

Lorsqu'on veut allumer une de ces lampes, il suffit d'appuyer sur un interrupteur qui établit la communication avec le courant électrique.

Le filament de carbone étant peu conducteur, offre une grande résistance au passage du courant, il s'échauffe en raison de sa résistance et devient lumineux.

L'incandescence de ce filament se produisant dans le vide, il n'y a pas de combustion, par conséquent, point capital, pas de renouvellement fréquent de la lampe, dont la durée moyenne est de 800 heures.

Un des principaux avantages de la lampe à incandescence est de brûler aussi bien dans l'eau que dans l'air. Dans une salle de spectacle, on a constaté que l'augmentation de température produite par les lampes à incandescence atteint à peine un vingtième de celle que donnent les becs de gaz.

L'absence de chaleur dégagée a une importance capitale, non seulement au point de vue de l'hygiène, mais aussi au point de vue de la sécurité contre l'incendie.

En effet, ceux d'entre vous, Messieurs, qui ont visité la scène d'un théâtre, savent à quel point les cordages, les boiseries, les décors, constamment exposés dans les dessus à une température de 30 ou 35°, produite par les nombreux becs de gaz des herses et des portants, sont desséchés.

Les décors sont, de ce fait, toujours maintenus dans les meilleures conditions pour brûler, et, malheureusement, de trop nombreux exemples ont prouvé qu'ils brûlaient vite et bien.

En remplaçant l'éclairage au gaz par l'éclairage électrique qui ne donne pas de chaleur, on a déjà ce grand avantage de laisser tous les appareils de scène, décors, etc., dans leur état hygrométrique naturel.

Vous savez que c'est en général sur la scène que le feu se déclare, il suffit d'un bec mal réglé ou d'un excès de pression dans les conduites pour faire filer un brûleur et causer un désastre comme celui de l'Opéra-Comique.

Il est donc évident que, si on remplace dans un théâtre tous les becs, dont les flammes, exposées à des courants d'air, sont seulement séparées par un mince grillage des toiles légères des décors, par des lampes à incandescence, on supprime la cause principale des incendies.

Comme vous le voyez, on peut placer les étoffes ou les papiers les plus légers sur les lampes sans les enflammer

Voici une démonstration encore plus concluante : un morceau de fulmi-coton que j'ai placé sur la lampe ne prend pas feu. Si, au contraire, je l'approche d'une flamme, la combustion est instantanée.

Si la lampe vient à être brisée, il n'y a aucun danger à craindre, car le filament est volatilisé et le courant interrompu.

Ce système d'éclairage est du reste le seul qui ait présenté des garanties suffisantes pour pouvoir être employé dans les établissements militaires ou civils, employant des explosifs; il peut donc, à plus forte raison, être recommandé pour les théâtres.

Il ne faut pas, toutefois, considérer que l'emploi de la lumière électrique suffit pour mettre un théâtre à l'abri de l'incendie. Il faut aussi s'assurer que les canalisations sont établies avec grand soin, car si, par suite de travaux mal exécutés, on avait à craindre des contacts entre les fils, un échauffement anormal des conducteurs serait à redouter. Si on a soin de suivre les règles indiquées par Edison, l'inventeur bien connu des lampes à incandescence, on est à l'abri de ces inconvénients.

Edison, en effet, a combiné, avec tout son système d'éclairage, une série d'appareils désignés sous le nom de coupe-circuits, simples et doubles, dont voici plusieurs modèles.

On place ces coupe-circuits à tous les branchements ou dérivations secondaires, de façon à recevoir des plombs fusibles dont vous comprendrez facilement l'emploi.

Supposons, par exemple, une canalisation composée d'un fil de cuivre de 4 *mm*² de section, desservant 10 lampes de 100 volts ayant à chaud une résistance de 140 ohms.

Les 10 lampes étant en dérivation, la résistance du circuit sera de $\frac{140}{10} = 14$ ohms, ce qui correspond à un courant maximum de 7,14 ampères.

Admettons que, pour une raison quelconque, la résistance du circuit, qui doit être normalement de 14 ohms toutes les lampes étant allumées, se trouve réduite, par suite d'un défaut d'isolement des conducteurs ou de contact dans une douille, à 1 ohm seulement, le courant deviendra immédiatement 14 fois plus intense, soit d'environ 100 ampères. Ce courant, passant dans un conducteur de 4 *mm*² de section seulement, échauffera ce conducteur au point de faire fondre l'isolant, car un fil de cuivre de 4 *mm*² ne peut supporter, sans danger, un courant de plus de 20 à 25 ampères. Il y a donc là une source de danger qu'il faut éviter.

Pour empêcher un accident de ce genre de se produire, il suffit de placer à l'origine de chaque circuit un plomb fusible formé d'un alliage, qui fond aussitôt que le courant dépasse de 20 à 30 0/0 le courant normal.

En plaçant judicieusement sur tout le réseau des plombs calculés suivant le nombre de lampes, on supprime tout danger d'échauffement des conducteurs, puisque le courant coupe lui-même la communication lorsqu'il devient dangereux.

Vous pouvez vous rendre compte par vous-mêmes du fonctionnement de ces plombs au moyen des appareils exposés, spécialement étudiés pour les théâtres.

On peut donc admettre, ainsi que nos grandes Compagnies d'assurances l'ont fait, que, lorsqu'un théâtre est entièrement éclairé au moyen de lampes à incandescence installées avec toutes les précautions que j'ai indiquées plus haut, les chances d'incendie provenant de l'éclairage sont absolument écartées.

Il y a heureusement, dès à présent, dix théâtres à Paris éclairés à la lumière électrique : les autres le seront à la fin de l'hiver.

Quelques personnes, difficiles à contenter, ont immédiatement objecté que, si on supprimait les causes d'incendie sur la scène, on en créait de nouvelles en plaçant dans les sous-sols, des machines et des chandières.

Il est facile de démontrer que ces objections ont peu de valeur. En effet, les sous-sols des théâtres comme ceux des autres édifices sont généralement en pierre, matière qui n'a pas la réputation de brûler aussi facilement que les décors et les boiseries.

Or, il existe dans tous les théâtres de nombreux calorifères beaucoup moins surveillés que ne le sont les chaudières et les machines servant à la production de la lumière, sans qu'on ait eu à signaler qu'ils aient été la cause de sinistres semblables à ceux de l'Opéra-Comique et d'Exeter.

Quant à admettre que la solidité de l'édifice puisse être compromise par l'explosion des chaudières établies pour l'éclairage, il faut ignorer les progrès réalisés par les générateurs inexplosibles.

En effet, la rupture d'un tube, seul accident à craindre, occasionnerait des dégâts matériels insignifiants, en aucun cas comparables à ceux qui résultent d'une simple explosion de gaz.

Enfin, pour rassurer les esprits craintifs, que ces arguments n'auraient pas convaincus, je dirai, comme vous le savez, qu'il n'est pas indispensable de placer les machines produisant l'éclairage dans les sous-sols des édifices à éclairer.

Aussitôt que le Conseil municipal, saisi de la question, autorisera la pose des canalisations électriques dans les égouts ou en tranchées, le courant sera fourni par des usines situées dans les quartiers extrêmes de Paris.

Nous espérons tous, Messieurs, que la décision du Conseil municipal ne se fera pas attendre, car nous avons hâte de voir Paris éclairé, comme nos villes de province, à la lumière électrique.

La séance est levée à dix heures un quart.

LE FEU AU THÉATRE

COMMUNICATION DE M. ÉMILE TRÉLAT

Monsieur le Ministre, Messieurs,

Le sujet que M. le Président de la Société a introduit dans l'ordre du jour de cette séance est émouvant et grave. Je ne voudrais pourtant pas l'engager sans vous prémunir contre l'exagération du sentiment qui naît à la simple lecture du titre de cette communication : *Le feu au théâtre*. Quand on étudie cette question d'un peu près, on trouve que le théâtre n'est pas tant s'en faut un lieu aussi menaçant qu'il le paraît, depuis les incendies du Ring-Théâtre, du théâtre de Nice, de l'Opéra-Comique, du théâtre d'Exeter. Malgré ces affreuses calamités, malgré ces sinistres épouvantables, on ne meurt pas plus au théâtre qu'autre part. Je sais bien que, généralement, quand on va au spectacle on est bien portant, et que ce sont des existences florissantes que le feu vient détruire quand un théâtre brûle. Il n'en est pas moins consolant de constater que le théâtre n'est pas essentiellement un lieu calamiteux.

Je veux dire ici, Messieurs, comment il se trouve que M. le Président m'ait chargé de la délicate mission d'ouvrir une séance comme celle-ci. C'est un peu ma faute ; ce n'est pas tout à fait la sienne ; c'est beaucoup celle des circonstances.

Quand l'affreux sinistre de l'Opéra-Comique s'est produit, quand la panique a envahi toutes les âmes, la préfecture de police, comme c'était son devoir, s'est mise en campagne pour définir les moyens de parer au danger qui menaçait la vie des spectateurs dans les théâtres. Elle édicta très vite des réglements, que je ne discute pas en ce moment-ci. Ils devaient s'appliquer à tous les théâtres. Mais l'Etat subventionne un certain nombre de théâtres. Dès que M. le le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, qui a la charge d'administrer ces théâtres, s'est trouvé en face des nouvelles exigences de la préfecture, il s'est ému et a reconnu qu'il avait besoin de s'entourer de quelques compétences. Il a nommé une Com-

mission. Vous savez qu'en France on nomme toujours des Commissions dans ces circonstances. C'est un procédé souvent très médiocre, quelquefois très avantageux. Lorsque les Commissions sont nombreuses et mollement composées, elles ne servent pas à grand'chose. Lorqu'elles sont courtes en nombre et sévèrement recrutées, elles peuvent aboutir. Je crois que la Commission du Ministre était peu nombreuse. Je ne dis cela, Messieurs, que parce qu'elle a très promptement accompli sa tâche. Quelle était donc cette tâche? — 1° *Conseiller le Ministre sur les modifications immédiatement réclamées par la préfecture dans les théâtres subventionnés.* En moins de quinze jours le Ministre fut précisément renseigné sur ce qu'il avait à faire à l'Opéra, au Théâtre-Français, à l'Odéon, au Conservatoire de musique. — 2° *Définir les réformes qu'il faudrait faire, en général, dans les théâtres pour y assurer la sécurité sous le rapport du feu.* J'ai été chargé de faire le programme des travaux auxquels la Commission devait se livrer pour accomplir cette seconde partie de sa tâche. C'est la matière de ce programme que notre Président a visée lorsqu'il m'a invité à ouvrir cette séance. Vous voyez que j'avais raison d'observer, il y a quelques instants, combien l'occasion était prépondérante dans ma présence à cette tribune. Malheureusement, Messieurs, tout ce que je vais vous dire, je l'ai écrit il y a trois mois, et je l'ai écrit avec passion et l'esprit bandé, si bien que j'ai dans la mémoire des bourdonnements de mots et de vagues images d'idées qui tentent ma parole sans la soutenir; si bien que je vous dirai ce soir très mal les bonnes choses que je devrais vous bien dire. J'en demande pardon à M. le Ministre et à vous, Messieurs.

La question est celle-ci : *Que faut-il faire au théâtre pour y créer la sécurité?*

Pour le comprendre, Messieurs, il est absolument indispensable de se rendre compte de ce qu'est un incendie de théâtre; car un incendie de théâtre, c'est toujours la même chose.

Un théâtre est essentiellement une scène, où se donne le spectacle, et une salle où siègent les spectateurs. La scène ouverte sur la salle en doit avoir trois fois la hauteur. Je veux dire que tout le vide de la scène, accessible à l'œil du spectateur, doit être surmonté d'un vide égal et doit en surmonter un semblable. C'est ainsi, que sans compter les épanouissements latéraux indispensables, une scène de 12 *m* d'élévation constitue, avec ses développements

supérieurs et inférieurs, un *creux* de 36 *m* de hauteur. Sur la scène, s'ordonne le spectacle; dans les *dessus*, dans les *dessous* et dans les flancs se prépare la mise en scène. Là sont rangés les différents décors qui servent la période de représentations dans laquelle on se trouve. Un théâtre a toujours deux ou trois pièces en train. Les décors se composent de bandes de ciel, de fonds, de décors qui viennent des dessus, des dessous, des bas côtés. Tout cela constitue un matériel très nombreux et aussi léger que possible, parce qu'il faut le manier très vite, et aussi entassé que possible, parce qu'il faut l'amener au plus tôt à la scène. La légèreté implique le peu de densité de la matière et, par suite, sa facilité à prendre feu. Les décors sont des toiles peintes suspendues par des cordes ou tendues sur des portants en bois. Mais la scène veut être vue, c'est-à-dire éclairée. Tous les décors doivent être parsemés de lumières, dont l'emplacement varie, qui doivent être rapprochées, éloignées, rassemblées, dispersées et qui, à chaque instant, avoisinent au plus près les matières inflammables. Si vous ajoutez que cette lumière (jusqu'ici du gaz) produit tous les jours une grande chaleur dans le même vaisseau, vous comprenez que, au bout d'un certain temps, tous ces matériaux sont aussi préparés au feu que l'amadou sous le briquet.

Voilà une scène. Imaginez une étincelle, une flammèche circulant inaperçue dans ce milieu : le feu prend. Aussi, peut-on dire qu'au théâtre le feu prend toujours à la scène. Il faut malheureusement dire aussi que jamais on n'a arrêté un feu à la scène. Oh! 40, 50, 100 fois par an on arrête, à Paris, des commencements d'incendie, des feux qui vont prendre. Une flammèche tombe, on l'éteint avec une éponge, avec un petit jet d'eau. Mais si le feu est pris, si déjà les flammes courent, rien n'y fera, la scène entière brûlera.

Que se passe-t-il lorsque le feu prend à la scène? — Il se passe ceci, Messieurs : dans ces grands vaisseaux fermés à la partie supérieure, fermés au fond, fermés sur les flancs, fermés sur le devant lorsque le rideau est baissé, le feu prend, les flammes gagnent et embrasent tous les matériaux. Elles croissent en étendue et en ardeur tant que l'atmosphère close n'a pas perdu son oxygène. Puis, l'oxygène s'épuisant, la combustion devient plus lente. Elle ne produit plus que de l'oxyde de carbone au lieu d'acide carbonique : il y a alors beaucoup de fumée, une fumée épaisse, des gaz meurtriers, en même temps que la température arrive à 1 000, 1 200, 1 500 degrés.

Quand tout cela s'est développé dans le triple vaisseau de la scène, la pression augmente, et, s'il n'y a pas de communication avec l'extérieur, le rideau crève, l'oxyde de carbone va empoisonner les spectateurs, l'acide carbonique les asphyxier, les courants de gaz brûlants les rôtir. Puis, dans la salle, au trou du lustre, vont s'engouffrer les produits de la combustion.

Des contre-courants ramènent l'air extérieur au foyer de la scène; la combustion se ranime, l'incendie reprend, les flammes brisent les toitures et tous les obstacles, et les ruines se font à travers les désespoirs et les affolements des victimes. Tout cela est affreux!

Il faut pourtant regarder d'un peu près dans ce lieu de supplices, si l'on veut comprendre l'étendue des tortures qui s'y endurent. Les salles sont, la plupart du temps, beaucoup plus hautes que l'ouverture de la scène. Un théâtre est en général une entreprise industrielle. Et, malgré les architectes, qu'on accuse bien à tort, le programme d'un théâtre est toujours de réunir autour d'une scène le plus grand nombre de spectateurs, en communication, soit par la vue, soit par les oreilles, avec le spectacle. On gagne des places, mauvaises mais favorables à la recette, en juchant des rangs de banquettes au-dessus du cintre du rideau. On crée malheureusement ainsi la zone la plus meurtrière d'une salle pendant un incendie. C'est là que vont se cantonner les gaz et les températures fatales; c'est là que la mort frappe à coups redoublés, que les paniques consomment leurs hideux écrasements.

C'est assez, Messieurs! Il n'est pas nécessaire d'insister sur ces abominables scènes? Peut-on les supprimer? Le théâtre ne peut-il devenir un lieu de sécurité, après avoir été si souvent un lieu de malheur? Que faut-il faire?

N'est-il pas évident que, si le feu ne prenait pas, tous les effroyables malheurs qu'il enfante seraient évités? La question est enfantine! C'est pourtant elle qui donnera la solution.

Comment le feu prend-il? Tous nos théâtres ont le gaz, c'est-à-dire des flammes vagabondes, instables, et portant en elles la puissance de l'incendie. Je sais bien que dans les herses, les becs sont couverts de verres, mais enfin, ils cassent, ces verres! Quand il y a 2000 ou 3000 becs de gaz, dans un théâtre, de temps en temps des verres éclatent : la flamme, dépourvue de sa cheminée s'affole, et par là devient fatale. En supprimant la flamme sur la

scène, en installant l'éclairage électrique à la place du gaz, on abolirait un des deux facteurs de l'incendie, le plus important.

En effet, qu'est-ce qu'une combustion ? — C'est la rencontre d'une matière comburante et d'une matière comburable : si je supprime l'un des deux facteurs, la matière comburante, par exemple, j'ai rendu la combustion impossible. Mais cela, nous pouvons le faire aujourd'hui ! Que dis-je ? Cela est fait, à Paris. Vous avez la lumière électrique à l'Opéra, aux Français, à l'Odéon et dans tous les théâtres, je le crois. Je reviens de voyage, et je n'ose l'affirmer. Mais cela se fera et sera fait partout avant peu. Je ne saurais trop insister. Non seulement la lumière électrique n'est pas une matière infixable comme l'est une flamme de gaz; vous en voyez là; non seulement c'est un objet lumineux solide et stable, mais la lumière elle-même n'est pas le produit d'une combustion. Comme vous le voyez sur ce bureau, la lumière émane d'une matière brillante mais non brûlante; cela ne présente aucune espèce de danger. Il suffit qu'elle soit bien installée pour qu'il en soit ainsi. On peut donc sans crainte mettre la lumière par incandescence au milieu des décors et ruiner du coup les causes d'incendies sur la scène.

Mais, il faut faire mieux, Il y a plus de cinquante ans, j'ai entendu notre grand maître Dumas faire à l'Ecole Centrale une de ses plus belles leçons — et il en faisait de bien belles! — sur l'incombustibilité des matériaux combustibles. Il s'agissait de verre soluble (silicate de potasse) dont Kuhlmann avait récemment découvert la propriété de rendre incombustibles les matières les plus faciles à incendier. Quand je pense qu'il y a cinquante ans que nous possédons le moyen d'empêcher le feu de ravager les scènes et que, faute d'en user, nous avons laissé brûler des centaines de théâtres et mourir des milliers de personnes, je me demande ce que c'est que la sagesse humaine. A l'heure qu'il est, il n'y a presque pas de théâtre qui ait des décors ininflammables. Quand un sinistre arrive on prend de bonnes résolutions; elles durent le temps de parler de ceux qui ne sont plus. On a conduit ses parents, ses amis au cimetière; puis deux semaines, trois semaines se passent, et les théâtres se remplissent comme devant, et comme devant sans précautions nouvelles.

Eh bien ! Messieurs, le rôle d'une Société comme la nôtre, c'est de ne pas laisser sans profit ces choses-là ; c'est de définir les remèdes et de les imposer.

Je sais bien que le silicate de potasse présentait des inconvénients à l'usage. Mais on a beaucoup expérimenté depuis la découverte de Kuhlmann. Il y a huit ans, M. Charles Garnier a fait enduire un millier de mètres carrés de décors ; ces décors sont aujourd'hui ininflammables comme au premier jour. Il a fait mettre l'enduit à l'envers des décors, pour ne pas agir sur leurs couleurs. On avait, d'ailleurs, reconnu que les sels de potasse, étant déliquescents, empâtaient les décors ; que les phosphates de chaux se réduisaient en poudre en entraînant les peintures. D'autres matières ont été essayées : le borate de soude, le tungstate de soude et d'ammoniaque, l'amiante, etc. On cite plusieurs théâtres, et parmi eux celui de Reims, qui possèdent des décors entièrement enduits de matières contre l'inflammabilité. Tout porte à croire que nous touchons à l'utilisation courante de ce précieux procédé. Les directeurs de théâtres n'y font plus qu'une objection; la préparation de tout le matériel de scène serait très onéreuse. Il y a des théâtres qui ont des centaines de mille de mètres carrés de décors ! Mais on peut transiger, procéder avec lenteur et, d'abord, prendre ces précautions pour les décors nouveaux.

Voilà, la sécurité des théâtres. Elle est assurée avec la lumière électrique bien installée à la scène. Elle est contre-assurée par l'ininflammabilité des décors. Ces deux précautions prises, le théâtre devient *inincendiable*. C'est donc à les imposer que doivent converger les efforts, tous les efforts.

Pourtant, Messieurs, quand on réunit des centaines de personnes, dans des conditions où la vie a été si longtemps menacée, on ne saurait rien exagérer dans le domaine de la prudence. On possède une scène *inincendiable* : c'est acquis. Mais il faut supposer que tout ce qui la rend telle n'aura pas été fait ; que, si cela a été fait, le défaut d'entretien, la négligence auront laissé s'amoindrir les garanties prévues ; en un mot, que le feu naîtra sur la scène. Quelque paresseux que doive être alors l'incendie, une barrière doit s'interposer ici pour garantir les spectateurs. Le mur de scène doit pouvoir être fermé. Des rideaux résistants clôront toutes les baies de celle-ci; et, en même temps, les combles s'ouvriront de manière à permettre au feu de se localiser, aux gaz de la combustion de sortir immédiatement au-dessus des toits sans chercher des issues vers la salle. C'est ainsi que des obtura-

teurs en fer joueront à volonté dans le mur de scène et que des châssis munis de vitres minces préparés pour éclater au moindre voisinage des flammes couronneront les *dessus*. Tous nos théâtres sont déjà pourvus de ces appareils plus ou moins bien installés. On n'a pas manqué d'y recourir avant la préparation des décors. C'est, à moins de frais, le contraire qu'on aurait dû faire pour bien servir la sécurité. Mais ne nous plaignons pas, ce qui est acquis est bien acquis.

Ainsi nous savons déjà rendre la scène inincendiable, et nous possédons le moyen d'y cantonner le feu si, par impossible, il y prend. Les spectateurs sont désormais protégés même contre les fumées et les gaz meurtriers s'ils naissaient au milieu des décors. Il semble vraiment qu'en de telles conditions, on n'ait plus rien à désirer.

Malheureusement, Messieurs, ce n'est pas ainsi qu'on a généralement posé la question jusqu'à présent. On s'est beaucoup moins préoccupé de supprimer les sinistres que de porter secours aux sinistrés. Ce dernier point de vue a exclusivement occupé les esprits et les administrations. Comment faciliter les *sauvetages* au théâtre incendié ? Comment donner au spectateur qui est envahi par le feu la facilité de se dégager ? C'est la question que tout le monde veut résoudre. Et de là sont venus ces règlements si divers, si nombreux, qui imposent aux théâtres de multiplier les issues, de faire des vides entre les stalles, de réduire le nombre des places, de supprimer les strapontins, d'ouvrir des passages de tous les côtés, de placer des échelles sur les faces extérieures des murs pour permettre au spectateur de fuir au plus vite.

Ces installations sont cent fois plus coûteuses que bienfaisantes. Elles ruinent l'aspect des édifices, la tenue des salles et les revenus des théâtres. Elles sauveraient quelques incendiés de plus si elles pouvaient être maintenues en service. Mais aucune force ne peut les faire subsister, parce qu'elles sont la négation même du théâtre. Une scène française est un lieu autour duquel se pressent, se compriment des spectateurs. Elle ne supporte pas le vide. Elle veut garder tous les sièges qu'elle peut comporter. Ah! je ne veux pas dire du mal des sauvetages et du magnifique rôle des pompiers. C'est leur gloire de faire avec un dévouement sans bornes leur œuvre de salut; mais, qu'est-ce qu'on sauve dans un théâtre avec les pompiers? Quels que soient le nombre et l'étendue des issues ménagées,

on sauve des unités. Ces victoires sont grandes relativement aux courages qui y sont utilisés; mais combien petites on les mesure relativement aux salles entières qu'on garantit lorsqu'on empêche le feu d'entrer au théâtre.

Remarquez, Messieurs, que les précautions dont je vous ai entretenus ce soir se marquent par trois traits qui les distinguent :

Il y a la précaution qui consiste à rendre la scène inincendiable, parce qu'on y installera la lumière électrique et qu'on y enduira les décors de matières ininflammables. Ce sera la suppression de l'incendie, c'est-à-dire la *perfection*, parce qu'un théâtre, dont la scène ne peut pas prendre feu, ne brûle pas.

La deuxième précaution consiste à isoler le spectateur du danger par la fermeture latérale de la scène, et l'ouverture de sa partie supérieure. C'est une opération salutaire. Mais ce n'est déjà plus qu'un remède.

La troisième précaution consiste à désemplir les salles, à percer leurs parois, à sceller des échelles le long des murs, en un mot à préparer les sauvetages et à faciliter le service des pompiers.

Je ne puis penser que vous hésitiez ici sur la conclusion. Vous penserez avec moi, Messieurs, et avec la Commission dont je vous fais connaître l'étude, que toutes les ressources qui viseront à constituer la sécurité dans les théâtres, devront être employées à supprimer la possibilité de la mise en feu de la scène. La solution sera faite par la disparition des flammes au milieu des décors et par la mise en état d'ininflammabilité de ceux-ci. Pour ma part, j'irais volontiers, plus loin, et je ne craindrais pas de dire que la sécurité sera d'autant mieux acquise au théâtre qu'elle sera *uniquement garantie par l'ininflammabilité* de la scène, par une bonne installation de la lumière électrique et par uue complète imprégnation du mobilier scénique. J'appuirais cette opinion de la remarque suivante : quand on n'a qu'une garantie contre un danger on la surveille, on la conserve ; — quand on en a plusieurs, on compte trop souvent que, si l'une fait défaut, la voisine ne manquera pas.

NOTE

SUR

LES PHOSPHATES DE BEAUVAL ET D'ORVILLE

PAR

M. HENRI LASNE

Je désire ajouter quelques mots à l'intéressante communication de M. Lévy. J'ai eu l'occasion d'étudier sur place la plupart des phosphates français et belges et d'analyser des échantillons de presque tous les gisements exploités tant en Europe qu'en Amérique. Je me permettrai donc de présenter quelques observations sur les opinions émises par M. Lévy, relativement à l'origine des phosphates de la Somme et du Pas-de-Calais.

Voici d'abord l'analyse complète d'un phosphate de la commune d'Orville : c'est l'échantillon moyen d'un champ. La matière est séchée à 98° dans le vide.

Sable et argile insoluble dans l'acide chlorhydrique	1,36
Matière organique et eau volatile au rouge	3,40
Silice soluble dans l'acide chlorhydrique	0,47
Acide carbonique	3,70
Acide sulfurique (anhydre)	0,75
Acide phosphorique	33,86
Chaux	47,54
Magnésie	1,20
Alumine	1,70
Sesquioxyde de fer	1,22
Fluorure de calcium	4,65
TOTAL	99,85

Poids spécifique (mesuré à 16°) : 3,1307.

Cette analyse confirme d'abord ce qu'a dit M. Lévy sur la présence de quantités notables de fluorure de calcium dans les phosphates de la Somme. Elle montre, en outre, l'existence d'une proportion relativement grande d'une matière organique brun foncé, insoluble dans l'acide chlorhydrique.

Si nous faisons, d'une part, la somme des équivalents des acide sili-

cique, carbonique, sulfurique et phosphorique, en triplant ce dernier en raison de sa tribasicité, et, de l'autre, la somme des équivalents de la chaux et de la magnésie, nous obtenons les résultats suivants :

1° Pour les acides :

$$\frac{0,47}{30} + \frac{3,70}{22} + \frac{0,75}{48} + \frac{3 \times 33,86}{71} = 1,6333$$

2° Pour les bases :

$$\frac{47,54}{28} + \frac{1,20}{20} = 1,7564$$

Excédant en faveur des bases 0,1231

Cet excédant correspond à une quantité de chaux libre de :

$$0,1231 \times 28 = 3,45\ 0/0.$$

Or, ce ne sont pas là des particularités des phosphates de la Somme. Dans tous les phosphates d'origine sédimentaire que j'ai examinés, et pour ne citer que les principaux, qu'ils proviennent du lias, du gault ou de la craie grise, j'ai retrouvé ces trois caractères : fluorure de calcium, matières organiques et excès de chaux. Si donc on est en droit de tirer une conclusion de ces caractères, cette conclusion s'applique à tous les phosphates d'origine sédimentaire.

En ce qui concerne le fluor, Elie de Beaumont a dit que *le fluor est dans la nature le compagnon fidèle du phosphore*, et ce fait n'a rien, d'ailleurs, qui puisse surprendre. En effet, sous l'influence successive des acides et des bases, le phosphate et le fluorure de calcium se dissolvent et se précipitent simultanément.

L'origine première des phosphates est sans aucun doute interne, et c'est sous forme d'apatite, Ca Fl, 3 (Ph O^5, 3 Ca O), qu'ils ont cristallisé dans les roches primitives. A ce titre, on peut dire que l'apatite est l'origine de tous les phosphates, quoique cette opinion même ait peut-être encore quelque chose d'exagéré. Mais ce n'est pas ainsi que l'entend M. Lévy qui voudrait qu'au lieu même où se trouvent aujourd'hui les phosphates de Beauval un filon d'apatite ait autrefois existé.

Or la contrée qui nous occupe n'a pas le caractère de régions à filons. Nulle part que je sache l'apatite n'est venue au jour isolée. Ou bien elle est disséminée en cristaux très petits dans les roches primitives ou éruptives, ou bien, quand elle se présente sous forme de filon ou de gîte de contact, elle est accompagnée de quartz et de silicates divers que l'action de l'acide carbonique aurait respectés et dont on retrouverait

des vestiges. Il en est ainsi de tous les gîtes connus, en Espagne, en Norwège, au Canada. Il en est ainsi plus généralement de tous les minéraux de filon.

A mon avis, pour expliquer l'origine des phosphates sédimentaires, il faut admettre que ces substances étaient dissoutes dans les eaux des mers chargées d'acide carbonique, soit que ces eaux aient agi sur les roches primitives ou éruptives renfermant des cristaux d'apatite, soit qu'elles aient été enrichies par des sources minérales contenant de l'acide phosphorique. Les phosphates ont pu ainsi être transportés plus ou moins loin de leur point d'origine par les courants marins. L'acide carbonique se dégageant peu à peu, les phosphates se sont déposés en même temps que les autres substances qui se précipitent dans les mêmes circonstances, telles que l'oxyde de fer. Aussi voit-on généralement les minerais de fer et les phosphates occuper les mêmes niveaux géologiques.

Le carbonate de chaux s'est déposé ensuite; mais il est bien évident que le fractionnement qui s'est produit n'a pas été absolu; partout, en effet, le carbonate de chaux accompagne le phosphate, et, dans les calcaires, on trouve encore une trace d'acide phosphorique.

Je ne fais, d'ailleurs, que partager l'opinion de nombreux géologues; voici, en particulier, ce que je lis dans une intéressante étude de M. de Grossouvre sur les phophates du centre de la France : « Il n'existe aucun doute sur le mode de formation de ces gisements. La substance phosphatée existait dans les mers à l'état de dissolution... »

Enfin, dans les mers actuelles, une analyse attentive décèle encore de l'acide phosphorique.

J'ajouterai que l'opinion de M. Lévy, pour être logique, devrait être étendue à tous les phosphates sédimentaires. Or il est des niveaux géologiques comme le lias et le gault, où le phosphate se retrouve sur les plus vastes étendues de pays, en couche très mince. Cela est évidemment incompatible avec l'opinion proposée.

Si l'on admet avec moi que le phosphate s'est déposé plus ou moins mélangé de carbonate de chaux, à Beauval en particulier, sous forme de craie grise dont on retrouve encore des lambeaux, on comprendra que ce précipité, d'abord amorphe, ait pu à la longue prendre la configuration que cette roche nous offre aujourd'hui. Comme l'a fort bien fait remarquer M. Stanislas Meunier, le phosphate, d'abord disséminé dans la roche pâteuse, s'est peu à peu réuni sous forme de rognons qui, à Beauval, sont fort petits. Les exemples de faits analogues sont

nombreux en géologie. La silice, l'oxyde de fer se sont comportés de même; souvent une matière organique sert de base à cette sorte de concrétion.

C'est alors qu'une eau chargée d'acide carbonique est venue dissoudre la roche tendre ainsi constituée; son action se porta d'abord sur le carbonate de chaux, le bicarbonate de chaux soluble n'attaquant pas le phosphate. Les grains de phosphate se sont donc trouvés isolés et ont formé les poches qu'on exploite aujourd'hui.

L'afflux d'eau chargée d'acide carbonique s'est-il produit par dessus ou par dessous? J'incline pour la première hypothèse. Les poches sont dues à la perméabilité locale plus ou moins grande de la roche. Il me semble que si l'origine des eaux avait été souterraine, ces poches seraient en forme de cloche, pendant qu'elles sont en forme d'entonnoir. Avec l'afflux supérieur, cette forme s'explique mieux, puisque la puissance dissolvante s'épuisait en descendant. Le trou qu'on rencontre, exceptionnellement d'ailleurs, au fond des poches était originairement une fissure, successivement agrandie par l'écoulement de ces eaux épuisées.

L'afflux de l'acide carbonique continuant, une partie du phosphate a pu à son tour se dissoudre; mais, au contact de la craie, ce phosphate s'est déposé à nouveau en formant sur l'intérieur des poches de craie une sorte de vernis qui, en certains points, à Terramesnil en particulier, atteint une épaisseur de 4 à 5 centimètres : c'est du phosphate presque pur (85 à 90 0/0). Cette formation serait tout à fait analogue à celle des phosphates du Lot, auxquels ce vernis, plus ou moins épais, ressemble beaucoup.

Le phosphate offrant un volume moins considérable que celui de la craie qui le contenait, la forme concentrique des poches est tout expliquée. Les cavités se trouvent remplies d'argile à silex de formation ultérieure.

On a objecté à cette explication, si naturelle dans son ensemble, la présence d'une couche de craie supérieure. Cette couche se rencontre en effet dans quelques endroits, mais je ne sache pas qu'on y ait trouvé des fossiles, ce qui ne permet pas de se prononcer sur son âge. Je ne vois pas, d'ailleurs, quelle difficulté il y a à admettre que sa formation est postérieure aux phénomènes que je viens de décrire.

Il ne faut pas oublier que plus tard, bien longtemps après sans doute, des érosions considérables ont dénudé toute la région, enle-

vant des étages entiers, parmi lesquels la plus grande partie de ceux où nous trouvons le phosphate ; de telle sorte que nous ne constatons plus que la présence de quelques lambeaux échappés à cette grande dévastation. La craie qui, exceptionnellement, se trouve surmonter le phosphate est à plus forte raison dans ce cas, et ce terrain supérieur a presque complètement disparu.

L'explication qne je présente, qui n'est que la combinaison d'opinions émises par divers géologues éminents, s'applique à tous les phosphates sédimentaires, en ne comportant que des modifications locales, suivant que les circonstances ont produit des rognons plus ou moins gros, des phosphates plus ou moins riches. Ces modifications peuvent tenir, d'abord, à la nature des organismes qui ont déterminé très probablement les points de concentration du phosphate en se fossilisant; en second lieu, à la texture de la roche au sein de laquelle le phosphate s'est séparé; en troisième lieu, à la manière dont s'est opérée l'action de l'eau chargée d'acide carbonique qui a dissous le calcaire en respectant le phosphate. Elle donne la raison pour laquelle les phosphates sédimentaires sont en général relativement riches en matières organiques, puisque ces matières sont insolubles dans l'eau acidulée.

Je n'ai plus qu'une observation à faire : elle est relative à l'emploi et à la transformation du phosphate. Certains phosphates naturels qui se présentent en gros rognons poreux, sont, une fois finement broyés, assez rapidement assimilables par la végétation; mais je ne crois pas qu'il en soit de même de ceux de Beauval, tout au moins si j'en juge par leur analogie avec les phosphates de Mons. Leur transformation en superphosphate est donc nécessaire ainsi que l'estime M. Lévy.

Mais là où notre collègue est dans l'erreur, c'est dans l'estimation du prix de revient de cette transformation, qui est beaucoup plus élevé qu'il ne le croit. Je puis affirmer, à mon grand regret, qu'aux cours actuels, le bénéfice est incomparablement moindre que celui qui résulterait des chiffres avancés.

Paris, le 19 octobre 1887.

MONSIEUR ET CHER COLLÈGUE,

J'ai le regret de vous faire part de la perte très douloureuse que la Société des Ingénieurs Civils vient de faire en la personne de son dévoué secrétaire-archiviste,

Monsieur Louis-Yves-Huberti Husquin de Rhéville,

Chevalier des ordres de François-Joseph d'Autriche et de la Rose du Brésil,

Décédé le 12 octobre 1887, en son domicile, 10, cité Rougemont, à l'âge de 67 ans, muni des sacrements de l'Eglise.

Les obsèques ont eu lieu le samedi 15, à 10 heures du matin.

Les Membres de la Société sont venus en grand nombre rendre les derniers honneurs à ce fidèle ami.

L'inhumation a eu lieu au cimetière du Père Lachaise et vous trouverez ci-dessous le texte des allocutions qui ont été prononcées au bord de la tombe.

Veuillez agréer, Monsieur et cher Collègue, l'assurance de ma parfaite considération.

Le Président,
A. BRÜLL.

ALLOCUTION DE M. A. BRÜLL, PRÉSIDENT.

MESSIEURS,

La Société des Ingénieurs civils vient dire ici un solennel adieu au loyal serviteur, à l'ami de la première heure.

Lorsque, au lendemain de la Révolution de 1848, quelques anciens

élèves de l'Ecole centrale projetèrent la fondation d'une Société d'Ingénieurs civils, ils se rendirent chez M. Eugène Flachat, le grand Ingénieur, et lui demandèrent son concours pour l'œuvre difficile qu'ils voulaient entreprendre.

Auprès du Maître, parmi ses aides, travaillait modestement un homme de 27 ans; c'était Husquin de Rhéville.

M. Flachat fit à la demande le meilleur accueil et prit de suite une part prépondérante à la création de la nouvelle institution. Il en accepta la présidence et chargea le jeune secrétaire des soins multiples qu'exigeait cette organisation. Peu de temps après, il le présentait à la Société qui lui confia les fonctions de secrétaire-archiviste.

Près de quarante années se sont écoulées depuis cette époque, et pendant ce long espace de temps, la Société des Ingénieurs civils a pu se féliciter chaque jour du choix qu'elle avait fait. Avec un dévouement sans bornes, que les collectivités semblent inspirer moins souvent que les personnes, Husquin s'est dévoué tout entier à la tâche délicate qu'il avait acceptée. Lui-même s'est tracé ses devoirs et il en a, comme à plaisir, augmenté l'étendue. Il n'a connu d'autre préoccupation que le bien de la Société, consacrant à son service ses jours et ses veilles, sans trêve ni relâche.

Depuis trente ans j'ai été le témoin de cette carrière à la fois si unie et si laborieuse. Ceux d'entre vous qui sont membres de la Société des Ingénieurs civils ont pu apprécier aussi l'infatigable énergie de cet homme à l'idée unique.

Faut-il rappeler ici à quelles charges il parvenait à suffire presque sans aide, seul même pendant longtemps?

Constamment occupé de la marche de nos travaux, de la tenue des séances, de l'impression des communications, il gérait encore les intérêts matériels de la Société, la représentait le plus souvent vis-à-vis de ses membres ou à l'extérieur. Pour beaucoup d'entre nous, il était devenu comme la personnification de la Société des Ingénieurs civils. Et tandis qu'il aidait de tout son pouvoir au développement de l'institution, il ne songeait pas à s'effrayer du surcroît de labeur que lui apportait naturellement l'augmentation du nombre des membres.

Combien de fois a-t-on surpris, le dimanche, l'infatigable travailleur, courbé sur sa table de travail, par une radieuse après-

midi d'été. Il aimait à mettre en ordre, à l'abri de toute distraction, les vingt affaires qui auraient pu encombrer la semaine qui allait commencer.

Husquin de Rhéville n'était pas un homme technique, et, bien qu'au contact de tant d'ingénieurs, il eût acquis bien des connaissances professionnelles, il gardait toujours la plus grande réserve au milieu des entretiens et s'abstenait avec soin de prendre parti, imitant en cela la Société elle-même qui, sur chaque question entend toutes les opinions sans jamais trancher le débat par un vote. Cette impartialité entre les idées s'étendait aux personnes et les Ingénieurs civils trouvaient tous auprès de lui un accueil obligeant et cordial.

Husquin aimait d'ailleurs à rendre service. Ceux qui l'entouraient ont éprouvé la bonté de son cœur. Beaucoup des nôtres ont reçu de lui conseil et appui.

Notre excellent secrétaire, dans sa gestion de chaque jour, a toujours ménagé nos deniers avec un soin jaloux. La Société a dû souvent à son habileté, à son esprit d'ordre et d'économie, d'avoir pu obtenir d'importants résultats avec des ressources limitées.

Mais c'est dans les voyages de la Société que le talent de l'organisateur se révélait surtout. On était toujours agréablement surpris au retour, quand on dressait les comptes, de la modicité de la dépense eu égard à l'importance des excursions réalisées.

Notre ami avait une constitution robuste, il en a usé sans mesure au profit de sa tâche laborieuse. C'est en 1880 qu'il sentit les premières atteintes du mal qui l'enlève prématurément à notre affection. Le cas était grave, et les jours du malade furent longtemps en danger. Des soins intelligents et dévoués réussirent à lui conserver la vie, mais sa santé était minée, et depuis cette époque des infirmités successives vinrent mettre à l'épreuve sa patience et son courage. Il a supporté le mal stoïquement, n'ayant pas, disait-il, le temps d'être malade. Peut-être pouvait-il, pendant qu'il en était temps encore, ménager sa santé, dans le repos d'une retraite bien méritée. Cette idée n'a pas même dû lui venir à l'esprit et il trouvait tout simple de donner encore ce qui lui restait de forces à la Société qu'il aimait tant.

Husquin de Rhéville était donc à son poste en juin 1885, lors-

qu'un coup cruel vint l'atteindre en plein cœur. Son fils Edouard, son fils unique, âgé de 34 ans, et qui l'aidait depuis cinq ans dans son travail, fut frappé d'une insolation et succomba presque aussitôt dans les conditions tragiques dont vous avez gardé le souvenir. Tous nous avons alors témoigné aux malheureux parents notre vive sympathie, mais que peuvent les consolations les plus sincères devant une douleur si profonde !

L'infortuné père ne laissait rien paraître, il se raidissait et se réfugiait dans le travail, mais le noir chagrin l'accablait cependant et devait abréger ses jours déjà comptés.

Vous l'avez vu lutter plus de deux ans, s'affaiblissant chaque jour, mais travaillant encore, toujours actif, toujours dévoué. Dans ses derniers jours, que dis-je, dans ses dernières heures, alors qu'il ne restait presque plus de vie dans ce corps épuisé, il feuilletait encore ses registres de ses mains défaillantes et s'inquiétait de tel détail de son service.

La mort est venue lentement, non sans souffrance. Le mourant, entouré des siens, visité par ses amis, soutenu par les consolations de la religion, en pleine possession de son intelligence, a fait aux ingénieurs civils les plus touchants adieux. Il a pensé à nous jusqu'à son dernier soupir.

Telle a été, Messieurs, cette carrière de travail, de dignité et d'abnégation. Demandons-nous quelle est la récompense, sur cette terre, d'une vie aussi méritante. C'est d'abord la satisfaction de la conscience et l'affection des proches. Quelques distinctions honorifiques s'y sont ajoutées : la croix de la Rose du Brésil et celle de François-Joseph d'Autriche. Pourquoi faut-il constater ici que la croix de la Légion d'honneur n'a pu être obtenue, malgré des titres évidents chaque année rappelés depuis si longtemps par les présidents de la Société ?

Les ingénieurs ont payé de retour l'affection de leur secrétaire. Nos publications portent de nombreux témoignages de nos sentiments de reconnaissance. Toujours nous l'avons considéré et traité comme un ami dévoué.

Il a conquis l'estime générale et vous êtes venus en grand nombre lui rendre les derniers honneurs.

Puisse notre sincère affliction soulager quelque peu la douleur des siens ! Envoyons en particulier l'expression de notre sympa-

thie respectueuse à Mme Husquin de Rhéville, la compagne fidèle de notre bien-aimé secrétaire, qui l'a soutenu et aidé à chaque jour de cette vie qu'il nous consacrait tout entière. La voilà seule maintenant pour supporter le poids de cette inoubliable douleur qu'ils portaient péniblement à deux. Il appartient à la Société des Ingénieurs civils de l'aider et de la soutenir de tout son pouvoir dans son affliction.

Et après tout cela, il restera, Messieurs, de l'ami que nous pleurons, le souvenir et l'exemple. Bien des fois son nom sera évoqué parmi nous, et nous honorerons pieusement sa mémoire.

ALLOCUTION DE M. G. LOUSTAU, TRÉSORIER HONORAIRE

MESSIEURS,

Je n'aurais rien à ajouter aux paroles émues que vous venez d'entendre, si je n'éprouvais le désir d'exprimer les profonds regrets du petit groupe des membres de la Société qui ont assisté à sa création et été les témoins des débuts de celui que nous conduisons aujourd'hui à sa dernière demeure !

Notre Président de 1848, le savant ingénieur, l'éminent praticien, Eugène Flachat, a certainement rendu de grands services à la Société des Ingénieurs Civils, mais il a certes contribué puissamment à son développement et à sa prospérité, dès le premier jour et lorsqu'il a pris possession du fauteuil présidentiel en 1848, en amenant avec lui l'agent intelligent, laborieux, dévoué, *intègre*, que j'ai vu à l'œuvre à cette époque, et pendant près de quarante années consécutives, dans les travaux administratifs auxquels personnellement j'avais été appelé à prendre part.

Je ne veux pas m'étendre davantage sur les mérites, que notre honorable Président a si bien fait valoir ! mais à l'époque où nous sommes, où la réunion de toutes ces qualités est si rare, il est bon de faire remarquer qu'après une longue vie de travail, il n'a laissé que de très modestes ressources à sa digne compagne qui, associée à

tous ses travaux, n'a cessé de le seconder avec courage dans l'accomplissement de sa tâche si laborieuse et si pénible, surtout après la perte cruelle qu'ils avaient faite en 1885.

Qu'il me soit permis de dire ici qu'ils avaient reporté une grande partie de leur affection sur un de leurs neveux, Georges Husquin de Rhéville, fils d'un frère mort il y a longtemps déjà, que son oncle a aidé dans bien des circonstances et qui était digne de toute sa sollicitude; par suite de ses conseils, le jeune homme vient de subir avec succès les épreuves de l'admission à l'Ecole centrale, où il doit entrer au mois de novembre prochain.

Un jour certainement il deviendra un membre de notre Société des Ingénieurs civils, où son nom rappellera celui qui a rendu pendant tant d'années de si bons services à notre Société.

Mais, en tout état de choses, notre regretté secrétaire vivra toujours dans notre souvenir.

Au nom de tous, je lui adresse avec l'expression de notre estime, celle de notre bien sincère affection.

Adieu, ami, au nom de tous les membres de la Société, présents et absents!

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. PASCAL

Notre Société a perdu, le 2 août 1887, M. Roch-Georges Pascal, sous-ingénieur de l'atelier central, chargé du bureau des études au chemin de fer du Nord.

Pascal est né à Rumigny (Somme), en février 1831. Il est entré à l'école d'arts et métiers de Châlons en 1846, et en est sorti en 1849.

A sa sortie de l'école, notre collègue a débuté comme ajusteur, dans les ateliers Cail, puis chez Cavé où il a été aussi dessinateur.

Enfin, depuis 1853, Pascal faisait partie du personnel de la Compagnie du Nord où il a conquis tous ses grades ; d'abord dessinateur, puis sous-chef et chef de bureau des études ; il exerçait depuis 1875 les fonctions de sous-ingénieur de l'atelier central, chargé du bureau des études.

Pascal était des nôtres depuis 1863 et fréquentait assez assidûment nos séances.

Il prit une part active à l'étude des divers types de locomotives du Nord sous la direction de notre regretté président Nozo, de feu de Wissocq et de notre collègue, M. E. Delebecque. En dernier lieu, il collaborait avec M. Sauvage, ingénieur des ateliers du Nord, à l'étude de nouvelles machines.

Entièrement consacré à l'étude des locomotives, Pascal fut surtout en relation avec ceux d'entre nous qui s'occupent de la construction de ces machines ; mais tous nous avons pu apprécier ses précieuses qualités, la droiture de son caractère et la sûreté de son jugement.

Notre collègue a inventé un système d'éjecteur pour freins à vide auquel il a donné son nom. Quand la mort l'a surpris, il achevait l'étude d'une suspension perfectionnée pour voitures à voyageurs.

CHRONIQUE

Sommaire. — Chemin de fer de montagne à voie étroite de Darjeeling. — Emploi des chaînes de levage, — Acier à l'aluminium. — Combustion spontanée de l'acier très divisé. — La Société des Ingénieurs allemands. — La marine à vapeur du monde.

Chemin de fer de montagne à voie étroite de Darjeeling. — Nous trouvons dans le journal *Industries* la description, due à M. Killingworth Hedges, d'un très intéressant chemin de fer à voie étroite construit aux Indes anglaises dans les conditions ci-après et exploité déjà depuis quelque temps.

Le gouvernement avait établi, depuis plusieurs années, entre Silligori, où aboutit un chemin de fer à voie de 1 *m* et Darjeeling, situé à 80 *km* de cette localité, sur les pentes méridionales de l'Himalaya, une route carrossable. Le trafic sur cette voie de communication s'effectuait par des attelages à bœufs, moyen de transport très coûteux, surtout à cause de sa lenteur. On résolut d'établir sur cette route un tramway à vapeur. Le profil était peu commode, comportant sur 25 *km* des inclinaisons de 5 pour 100. Le peu de largeur de la route conduisit à adopter la voie de 2 pieds (0,61 *m*) du Festiniog, et on réduisit la pente maxima de 5 à 3,5 pour cent. A l'origine, on établit la voie avec les courbes de 13 *m* de rayon de la route, mais on modifia peu à peu le tracé pour reporter le rayon minimum des courbes à 21,35 *m* (70 pieds). On se fera une idée de la justesse de la qualification de chemin de fer de montagne donnée à la ligne en question par les chiffres suivants, relatifs à l'altitude des diverses stations. Silligori point de départ est à 120 *m*, Sukna à 159, Teendharia à 840, Gyabari à 1 075, l'hôtel de Kurseong à 1 525, Souada à 1 980, Shoow à 2 268 et Darjeeling à 2 086.

A certaines parties où la place manquait pour établir des courbes on a fait des lacets sur lesquels le train circule, la machine tantôt en avant tantôt en arrière. On a trouvé dans cette disposition certains avantages ; le tracé est presque entièrement en ligne droite ou à peu près ; on n'a ni la résistance ni l'usure du matériel fixe et roulant dues aux courbes de petit rayon ; l'exploitation se fait sans danger ni difficultés, grâce à l'extrême habileté du personnel indigène, malgré ces conditions de tracé singulièrement difficiles (1).

La Compagnie du chemin de fer entretient la route en se faisant rembourser par le gouvenement les frais afférents à la partie qu'elle n'occupe pas.

La voie est, comme nous l'avons dit, à l'écartement de 0,61 *m*. Elle est établie en rails d'acier de 20 *kg* le mètre, poids très considérable

(1) On indiquait que jusqu'ici il ne s'était produit aucun accident, mais le numéro du 1er octobre 1887 de l'*Indian Engineer* mentionne une suspension de la circulation due à une rupture d'essieu de machine suivie d'une grave collision entre deux trains.

pour des machines à deux essieux pesant 11 tonnes en service ; les traverses sont en chêne ; il y en a 9 par rail de 7,32 *m*.

Les machines ont été étudiées spécialement pour cette ligne et construites par MM. Sharp, Stewart et C^ie^, de Manchester.

Ce sont des locomotives-tender à deux essieux, pesant 11 tonnes en service. Les roues ont 0,648 *m* de diamètre, écartées de 1,300 *m* ; les cylindres de 0,253 *m* de diamètre et 0,356 *m* de course. La surface de chauffe directe est de 3,35 *m* carrés et la surface tubulaire de 21,20, total 24,75 *m* carrés. Les caisses à eau ont une capacité de 1450 litres.

L'attelage se fait par une disposition spéciale comportant une traverse articulée à la machine par deux bielles s'attachant à ses extrémités ; cette traverse est en arc de cercle et les barres d'attelage des véhicules portent sur elle par un galet, ce qui permet à ces barres de se placer dans les positions convenables. On dit que ce mode d'attelage est très efficace et permet à la machine de traîner une charge beau coup plus forte que les attelages ordinaires.

Les véhicules ont le même écartement d'essieux que les machines et les roues ont 0,458 *m* de diamètre ; ils ont 3,050 *m* de longueur et 1,75 *m* de largeur ; ils pèsent une tonne à vide. Ces wagons ont donné de bons résultats et sont préférables aux wagons Cleminson, qui ont été également employés et dont le mécanisme s'est montré trop délicat pour le service de cette ligne.

On a obtenu un excellent résultat en rendant une roue mobile sur l'essieu. Ces véhicules du poids d'une tonne peuvent porter 5 tonnes, on a porté leur largeur à 1,800 *m*, ce qui fait trois fois la largeur de la voie et cela sans qu'il en soit résulté le moindre inconvénient, à condition toutefois d'apporter quelque attention à la manière dont se fait le chargement.

Il y a peu de trafic de voyageurs, car, en 1886, leur nombre n'a atteint que 10 980 ; mais ce nombre tend à s'accroître considérablement. En revanche, on transporte beaucoup de marchandises, surtout du riz qui est la nourriture exclusive de la population de ces contrées.

Les machines sont pourvues de la contre-vapeur, de freins à sabots agissant sur les roues et de freins à patins pressés sur les rails par des vis à pas rapide. On emploie comme combustible du charbon provenant de Calcutta.

La ligne a coûté à peu près 60 000 francs par kilomètre, y compris le matériel roulant et aurait, dit-on, donné l'année dernière un produit net de 17 0/0.

La station sanitaire de Darjeeling se trouve actuellement à 30 heures de distance de Calcutta, tandis qu'avant l'établissement des chemins de fer il fallait dix jours de voyage.

Il est à regretter que la note de M. Hedges ne donne aucun renseignement sur les charges traînées par les machines ; elle indique seulement,

au point de vue de l'exploitation, qu'il y a deux trains par jour dans chaque sens, et que la vitesse est de 18 kilomètres à l'heure, arrêts compris.

Emploi des chaînes de levage. — M.Henry Adams a fait dernièrement à la *Society of Civil and Mechanical Engineers*, à Londres, une communication sur l'emploi et l'entretien des chaînes dont nous reproduisons ci-dessous les points principaux.

Après avoir décrit les divers genres de chaînes, leur fabrication et la disposition des organes qui s'y relient, tels que tambours, roues à empreintes, poulies, crochets, etc., l'auteur examine les questions de résistance.

Le meilleur fer employé pour la fabrication des chaînes donne une résistance à la rupture de 40 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 15 0/0 et une contraction à la section de rupture de 20 0/0. La chaîne fabriquée avec ce fer aurait donc une résistance double, puisqu'il y a deux côtés en jeu par maillon, mais il faut tenir compte d'une réduction de 25 0/0 pour les soudures et diverses autres causes d'affaiblissement.

Ici, sont données diverses formules pratiques pour les chaînes. Si on exprime ces formules en mesures métriques, on trouve que, en prenant le diamètre d du fer de la chaîne en centimètres, la charge qui produirait la rupture de la chaîne à maillons courts est en kilogrammes $5\,000\ d^2$; la charge d'épreuve employée par l'Amirauté $1875\ d^2$; la charge pratique pour les grues ordinaires, $750\ d^2$, et la même charge pour les grues à charbon $625\ d^2$; le poids des chaînes est de $2{,}475\ d^2$ par mètre courant. Les épreuves des chaînes se font par longueur de 15 brasses ou 27,500 m et l'épreuve à la rupture sur un bout de 1,220 m.

Les chaînes employées au levage exigent un entretien et une surveillance continuels. Aux grands chantiers de charbon de MM. Cory et fils où on a manœuvré depuis dix ans plus de 15 millions de tonnes de charbon avec des appareils fonctionnant nuit et jour et les hommes circulant continuellement dessous, il n'est arrivé qu'un seul accident suivi de mort, dû à la rupture d'une chaîne de grue.

Chaque chaîne de levage fait environ 100 000 opérations, après quoi on la considère comme assez usée pour n'être plus sûre pour ce service et on s'en sert alors pour amarrer les bateaux ou autres usages analogues. Les chaînes d'ascenseurs exigent une surveillance qu'on ne voit pas toujours réalisée. Elles ont une cause d'usure très grave dans le fait que les gens de service balayent souvent la poussière à chaque étage dans les cages d'ascenseurs, et cette poussière agit sur les chaînes comme de l'émeri La poussière de charbon n'est pas aussi mauvaisepour les chaînes que la poussière de coke ; celle-ci est très pernicieuse.

Les chaînes de levage, employées dans les ateliers mécaniques et dans les chantiers de construction doivent être recuites de temps, en temps tous

les deux ans, par exemple, et examinées avec soin par un agent compétent avant d'être remises en service.

En résumé, pour tirer tout le parti possible d'une chaîne, on doit la faire travailler à une tension modérée, la recuire de temps en temps, la graisser souvent et, si l'usure n'en est point uniforme sur toute la longueur, la diviser pour enlever les maillons trop usés ; avec ces précautions on utilisera une chaîne jusqu'à la dernière limite sans sortir jamais des conditions d'une sécurité complète.

Acier à l'aluminium. — On sait que dans le *métal Mitis* (voir *Chronique* de décembre 1886, page 805), on mélange au fer une petite quantité d'aluminium; il paraît que l'introduction de bronze d'aluminium dans l'acier donne à ce métal des propriétés remarquables.

L'*Iron trades Review* dit qu'on vient de faire à Cleveland (Ohio) des expériences sur ce sujet en mélangeant à de l'acier Siemens-Martin des traces d'aluminium produit par les procédés électriques de Cowles à l'usine établie à Cleveland pour cette fabrication.

On a constaté que l'acier obtenu était complètement exempt de soufflures, que sa ténacité était augmentée sans modification dans l'allongement, et que le métal était plus fluide. On n'a point déterminé la meilleure proportion d'aluminium à employer, mais de 1/2 millième à 1 millième donnent de bons résultats. Les pièces coulées obtenues ont donné une résistance de 100 kilogrammes par millimètre carré.

On va continuer les expériences sur du fer obtenu au four à puddler.

La Compagnie Cowles pour la fabrication de l'aluminium par procédés électriques vient de livrer à la Compagnie des torpilles Whitehead à Londres des lingots de bronze d'aluminium pesant environ 700 kilogrammes chacun, destinés à être transformés en tôles pour réservoirs d'air de torpilles automobiles, ces réservoirs d'air devant subir des pressions allant jusqu'à 2 000 livres par pouce carré, soit 140 *kg.* par cm^2.

Combustion spontanée de l'acier très divisé. — L'*Iron* rapporte un fait très curieux arrivé récemment à Chicago dans les ateliers d'un fabricant de cette ville, M. William F. Kellett.

On se servait d'une éponge pour rafraîchir une meule d'émeri, cette éponge prenant l'eau par capillarité dans une auge et s'appuyant contre la meule sous l'action d'un ressort. La meule était employée à user des tôles d'acier très dur; l'éponge ramassait constamment, pendant le travail, des particules d'acier extrêmement tenues, jusqu'à ce que ses pores en fussent presque remplis. On la jeta alors de côté ayant encore une ficelle et un petit morceau de toile de coton attaché. Cette éponge sécha peu à peu; elle se trouvait posée sur une planche de sapin; ces détails sont essentiels pour faire comprendre les choses.

On s'aperçut un jour que l'éponge était incandescente comme un morceau de charbon embrasé et avait mis le feu à la toile et à la planche qui commençait à charbonner et à répandre une forte odeur de bois brûlé.

L'éponge une fois éteinte avait l'apparence d'un morceau de minerai de fer grillé, sauf par son poids, sa densité étant très faible. En la séparant en morceaux, on constata qu'elle était entièrement remplie de particules très fines d'acier.

Cet exemple de combustion spontanée dans un objet qui n'était pas saturé de graisse ou d'huile, mais bien rempli de particules d'acier très divisé à la faveur de l'humidité, donna lieu à une grande discussion. La véritable explication a été donnée par M. Kellett lui-même. C'est un phénomène dû à l'oxydation. L'acier très divisé et humecté était dans un état particulièrement favorable pour la combinaison du fer et de l'oxygène de l'air. Dans les conditions ordinaires, cette combinaison se fait sans dégagement sensible de calorique ; mais dans l'état où se trouvait le métal, offrant une surface relativement très grande à l'absorption de l'oxygène, l'oxydation s'est produite avec une énergie qui a amené l'incandescence.

On s'attendait peu à voir ranger les limailles, tournures, etc., de fer, parmi les matières sujettes à la combustion spontanée au même rang que les chiffons gras, les débourrages de filatures et autres substances analogues. Il n'en est pas moins vrai que, si on ne s'était pas aperçu à temps de la combustion de l'éponge, il eût pu en résulter un grave incendie et que l'enquête la plus minutieuse n'eût eu pour conclusion que de le faire indiquer comme déterminé par une cause inconnue.

Société des Ingénieurs allemands. — Voici quelques renseignements extraits du rapport présenté à la 28e assemblée générale de la Société des Ingénieurs allemands, qui s'est tenue les 15, 16 et 17 août dernier à Leipsick.

La Société comptait, à la fin de 1886, 5 630 membres contre 5 402 à la fin de 1885; cette augmentation de 228 membres provient de la différence entre le chiffre de 458 pour les nouvelles admissions et le chiffre de 230 pour les pertes par démissions, décès, etc. Le nombre des groupes était, à la fin de 1886, de 30.

Les recettes de la Société se sont élevées en 1886 à 204 240 francs, dont les principaux éléments sont les droits d'admission et cotisations montant à 111 375 francs et l'affermage des annonces qui a produit l'énorme chiffre de 77 770 francs.

Les dépenses ont été de 182 155 francs. Dans ce chiffre, les publications figurent pour 137 329 francs, dont 18 968 pour honoraires de rédaction, et les appointements et salaires du personnel pour 24 112 francs.

Le chiffre élevé des dépenses relatives aux publications s'explique par ce fait que le bulletin de la Société paraît toutes les semaines et forme par année un volume, format in-quarto, de près de 1 200 pages avec 50 à 60 grandes planches et quantité de figures dans le texte.

La marine à vapeur du monde. — Le nombre des navires à vapeur à flot à la fin de 1886 dans le monde entier, est estimé à 9 969 représentant un tonnage collectif de 10 531 843 tonneaux. Le chiffre cor-

respondant pour 1885 était de 9 642 avec un tonnage de 10 291 241. La moyenne du tonnage de chaque navire se trouve ainsi être de 1 096 tonneaux pour 1886 contre 1 067 pour 1885 ; les 32 navires qui forment l'excédent sont donc plutôt de gros navires puisqu'ils ont augmenté la moyenne du tonnage.

Le total de 9 969 navires à vapeur pour 1886 se subdivise comme suit : 8 198 navires en fer de 8 911 406 tonneaux, moyenne 1 087 ; 770 navires en acier de 1 206 962 tonneaux, moyenne 1 570 ; 109 navires composites, tonnage 32 820 tonneaux, moyenne 301, et 822 navires en bois, tonnage 380 655 tonneaux, moyenne 463.

Au point de vue des nationalités, la répartition est la suivante : Royaume-Uni et ses colonies, 5 792 navires à vapeur représentant 6595817 tonneaux ; c'est 60 pour 100 du nombre des navires à vapeur et 64 pour 100 du tonnage du monde entier ; après vient l'Allemagne pour 579 navires à vapeur, la France pour 509, l'Espagne pour 401. les Etats-Unis de l'Amérique du Nord pour 400, la Norwège pour 287, la Russie pour 212, le Danemark pour 200, l'Italie pour 173, la Hollande pour 152, le Brésil pour 141, le Japon pour 105, la Grèce et la Turquie chacune pour 82, la Belgique pour 68, le Chili et la République Argentine chacun pour 43, la Chine pour 27, le Portugal également pour 27, Hawaï pour 21, le Mexique pour 15 et divers autres pays collectivement pour 50.

L'augmentation de 327 navires à vapeur de 1885 à 1886 doit être considérée comme satisfaisante, vu la crise que subit l'industrie des transports.

Ces chiffres donnés par le *Journal of the Society of Arts* ne se rapportent vraisemblablement qu'à la navigation maritime et à la marine marchande.

Nous devons faire observer qu'ils présentent des différences assez notables avec les relevés du bureau *Veritas*. Ainsi ceux-ci indiquent pour le nombre total des navires à flot, au 1er septembre 1887, le chiffre de 8718 navires ayant un tonnage brut total de 10 632 722 tonneaux. Ce chiffre est notablement inférieur à celui que nous avons donné plus haut pour 1886. On pourrait peut-êtreexpliquer cette différence par ce fait que le *Veritas* ne tient pas compte des navires de moins de 100 tonneaux, ce qui élimine un certain nombre de yachts et de remorqueurs affectés au service des ports.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Aout 1887.

Rapport de M. H. Le Chatelier sur un **un nouvel alliage d'aluminium**, présenté par M. Bourbouze.

On sait que l'aluminium ne se laisse pas souder. M. Bourbouze a reconnu qu'un alliage d'aluminium renfermant seulement 10 pour 100 d'étain possède encore la propriété de se souder à l'étain tout en conservant les qualités utiles du métal pur et pouvant par conséquent remplacer celui-ci dans toutes ses applications. Cet alliage a une densité de 2,8 et un point de fusion de 635 degrés, alors que l'aluminium pur a un poids spécifique de 2,5 et fond à la température de 650 degrés.

Rapport de M. le colonel Sebert sur une **extincteur d'incendie**, présenté par M. de Mauclerc.

Cet appareil utilise le principe bien connu de la compression de l'acide carbonique pour obtenir la projection violente d'un jet d'eau chargé de ce gaz. Mais, dans ce système, le réservoir contient de l'eau renfermant déjà en dissolution le bicarbonate de soude qui doit fournir l'acide carbonique. Le second réactif est une dissolution d'acide tartrique, qui n'est mélangée au premier liquide qu'au moment où on veut se servir de l'appareil.

Il suffit de manœuvrer une vis à poignée pour mettre en communication les récipients contenant les deux liquides ; le mélange s'opère, la réaction se produit et on peut, en quelques secondes, obtenir un jet violent, qui peut projeter l'eau à plus de 10 *m* de hauteur.

L'appareil ne présente aucune complication susceptible de nuire à son fonctionnement et son maniement est des plus simples. Il est en service dans beaucoup d'usines et de grandes administrations et les circonstances dans lesquelles il a pu être avantageusement employé sont déjà fort nombreuses, d'après le rapport.

Rapport de M. Roy sur l'ouvrage de M. Leautey intitulé l'**Enseignement commercial et les écoles de commerce en France et dans le monde entier**.

Conférence sur la **levure de bière**, faite le 12 juin 1887 au Congrès des brasseurs autrichiens, à Graz, par M. E.-C. Hansen.

Application des dépôts électrolytiques de fer à la fabrication des coins monétaires, par M. E. Romy.

Bien que les essais de dépôts galvaniques de fer remontent à 1846, il

y a peu de temps qu'on a réussi à réaliser des applications industrielles. On peut citer comme exemple tout récent les coins des monnaies qui doivent être frappées à l'occasion du jubilé de la reine d'Angleterre ; le dépôt en fer a été fait sur des moules en cuivre préparés eux-mêmes par un dépôt galvanique sur les modèles en plâtre.

Le bain employé est composé de sulfate de protoxyde de fer et de magnésie, neutralisé par l'addition de carbonate de magnésie. Un pôle de fer forgé, de la même grandeur que l'objet qui doit recevoir le dépôt, est nécessaire. Le succès est dû probablement à l'emploi de courants très faibles. Aussi, faut-il très longtemps pour obtenir le résultat. L'opération, pour arriver à l'épaisseur voulue, demande près de trois semaines. Le moule en cuivre sur lequel se fait le dépôt de fer est préalablement nickelé.

Note sur a **production de la soie en Perse**, traduit du *journal of the Society of Arts*.

Extrait d'une **Etude d'agriculture et d'économie rurale sur le département de l'Eure**, par M. André Bourgne.

Acier à aluminium. (Traduit de l'*Iron*).

Production du fer aux États-Unis (Traduit de l'*Iron*).

Note sur **les gaz d'usines nuisibles à la respiration**. (Traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal)*.

Titrage du phénol dans l'acide carbolique brut. (Traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal)*.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AOUT 1887.

Notice sur **la vie et les travaux de M. Ch. Fournier**, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Gauckler, inspecteur général des ponts et chaussées.

Notice sur **la répartition du trafic des chemins de fer français** et sur les prix de revient des transports, par M. Ricour, inspecteur général des ponts et chaussées.

L'auteur commence cet important mémoire par l'examen des documents statistiques publiés par le Ministre des Travaux publics sur les dépenses et les recettes des chemins de fer français et leur représentation sous forme graphique, les abscisses représentent les recettes par kilomètre exploité et les ordonnées les coefficients d'exploitation.

Ces diagrammes ont été ensuite traduits par une formule donnant une relation très simple entre les prix de revient de l'unité de trafic et la fréquentation.

Dans la seconde partie se trouvent énumérées les lois contenues dans cette formule empirique et notamment l'invariabilité des prix de revient

pour une fréquentation générale, l'établissement d'une répartition stable du trafic et des règles élémentaires pour comparer les prix de revient des divers exercices et des divers réseaux.

Enfin, pour terminer l'auteur cherche à faire ressortir la possibilité d'abaisser d'une manière notable le prix de revient des transports; un examen détaillé de l'une des branches de l'exploitation, la traction, a montré, dit-il, que sur le réseau de l'Etat un abaissement de 18 0/0 au moins avait été réalisé dans cette branche à l'aide de quelques modifications à la fois simples et rationnelles des locomotives actuelles.

Un abaissement équivalent, réalisé à bref délai dans toutes les branches de l'exploitation, pourrait seul permettre d'espérer l'avènement d'une nouvelle ère de prospérité pour les chemins de fer français.

Les dépenses d'exploitation s'élevant en nombre rond à 600 millions, un abaissement de 18 0/0 correspondrait à une économie de 108 millions et à une augmentation équivalente de produit net.

M. Ricour admet que la recette totale des chemins de fer français ne tardera pas à devenir constante, le trafic local des nouvelles lignes servant seulement à compenser la réduction des distances; dès lors le produit net diminuera d'une somme égale à l'augmentation des frais d'exploitation et on peut prévoir que chaque millier de kilomètres nouveau ajouté au réseau des grandes compagnies, tel qu'il était constitué avant les conventions de 1883, aura pour conséquence une diminution du produit net général de 6 125 000 francs.

Si on ajoute les annuités pour les dépenses de construction supportées par l'Etat, on voit qu'il ne faudrait pas ajouter au réseau de 1883 beaucoup de milliers de kilomètres pour qu'en 1891 les sommes payées par l'Etat, soit à titre de garantie, soit à titre d'annuités, atteignent et dépassent le montant total des dividendes de toutes les compagnies françaises.

Le remède est dans l'arrêt des dépenses de construction des lignes improductives et dans la réduction des dépenses d'exploitation des grands réseaux français.

Note sur la **mesure des vitesses à l'aide du tube jaugeur**, par M. H. Bazin, inspecteur général des ponts et chaussées.

L'auteur explique qu'en publiant dans ses *Recherches hydrauliques* les observations faites avec le tube jaugeur pour la détermination des vitesses dans les canaux découverts, il n'a pu donner pour la vitesse en chaque point qu'une valeur unique résultant de la moyenne de plusieurs constatations successives. Il était matériellement impossible de reproduire les données primitives à cause de leur nombre excessif qui eut exigé 150 ou 200 tableaux numériques.

Depuis, l'attention des hydrauliciens s'est portée sur les variations brusques de vitesse qui se produisent sans cesse à l'intérieur d'une masse fluide en mouvement; aussi, l'auteur a-t-il pensé qu'il était intéressant, puisque les carnets d'observation avaient été conservés, d'y recourir et

de rechercher si les variations accusées par le tube jaugeur pouvaient jeter quelque lumière sur la propagation des mouvements tourbillonnaires à travers la masse fluide.

Sans aller plus avant dans l'étude de la question, nous nous bornerons à indiquer que l'auteur considère que, dans l'état actuel de nos connaissances sur les mouvements des fluides, la recherche de l'interprétation théorique des résultats obtenus serait singulièrement hasardée et que les faits relatés au mémoire ne doivent être considérés que comme constituant un premier jalon dans une voie encore inexplorée.

Résistance à l'écrasement des pierres partiellement chargées, par M. FLAMANT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Il arrive souvent dans les constructions qu'une pierre ne supporte la charge que sur une partie de sa surface, dans le cas, par exemple, où elle sert d'appui à une colonne métallique.

Quelle est alors la pression par unité de surface qu'on peut lui faire porter avec sécurité? Doit-on supposer la charge répartie sur toute la surface ou seulement sur la partie directement soumise à la pression? Ou, si on admet un chiffre intermédiaire, quelle doit être sa proportion avec les chiffres généralement admis?

M. L. Durand-Claye a fait au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, sur la demande de M. Flamant, quelques expériences sur l'écrasement de blocs pressés seulement sur une partie de leur sur face. La pression était transmise aux blocs de pierre par des blocs de fonte de plus petite dimension.

Bien que ces expériences n'aient pas été en nombre suffisant et que quelques-unes aient dû être écartées par suite des résultats très discordants qu'elles ont donnés, il semble qu'on puisse poser la conclusion suivante :

Si A représente le côté d'une pierre carrée appuyée sur sa face inférieure et portant au centre de sa base supérieure un bloc carré de côté a; si R_1 représente la charge de rupture par unité de surface de la pierre dont il s'agit, lorsqu'on l'écrase à la manière ordinaire par la pression répartie sur toute l'étendue de ses deux bases opposées, de telle sorte que $R_1 A^2$ soit la charge totale qui produirait l'écrasement de la pierre carrée de côté A, la charge P qui, appliquée sur la surface carrée de côté a, au centre de la base supérieure, produira la rupture de cette pierre, pourra être exprimée approximativement par la formule empirique

$$P = R_1 A a.$$

Cette formule donne avec les résultats d'expérience directe des différences presque toujours inférieures à 10 0/0; elle est donc suffisante pour les besoins de la pratique.

Etude et enquête sur les **conditions d'installation et de fonctionnement des chaudières** de première catégorie chauffées par les flammes perdues des foyers métallurgiques.

Cette étude a déjà paru dans les *Annales des Mines*, 6e livraison de 1886 et nous nous en sommes occupé dans les comptes rendus de juin 1887, p. 935.

Rapport sur l'**explosion de la chaudière du bateau à vapeur le « Tape-Dur »**, à l'écluse de Bougival, par M. A. Michel-Lévy, ingénieur en chef des Mines.

Ce rapport a déjà paru dans les *Annales des Mines*. (Voir les comptes rendus de juin 1887, page 935).

ANNALES DES MINES

1re livraison de 1887.

Note sur les **chemins de fer électriques** dans les mines en Allemagne, par M. Lebreton, Ingénieur des Mines.

Le mémoire décrit les trois installations de Zaukeroda, de Beuthen et de Neu-Stassfurt, faites toutes les trois par la maison Siemens et Halske, de Berlin, et cherche à déterminer le prix de revient de la traction.

L'auteur conclut de la comparaison qu'il a établie que les transports dans les mines par locomotives électriques peuvent permettre d'arriver à des prix de revient de la tonne kilométrique très comparables à ceux obtenus par les meilleurs systèmes ordinaires et même inférieurs.

Ces installations se recommandent par la grande simplicité et l'extrême facilité de leur établissement, la grande souplesse que présente leur emploi, le peu de dérangement qu'elles causent dans les puits et galeries. L'humidité ne nuit pas sensiblement à leur fonctionnement, le capital d'établissement est moindre qu'avec tout autre système et l'entretien probablement moindre également.

On ne peut mettre en regard de ces avantages que le danger des conducteurs ; mais il ne paraît pas être bien considérable si on ne dépasse pas des tensions de 300 volts.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1885 et en 1886.

Il a été extrait, en 1886, 20 044 597 tonnes de combustibles minéraux, dont 19 588 928 de houille et anthracite et 455 669 tonnes de lignite. Ce total présente sur l'année 1885 une augmentation de 534 067 tonnes.

La production de la fonte a atteint le chiffre de 1 507 850 tonnes, dont 1 486 914 tonnes de fonte au coke, 12 285 de fonte au bois et 8 651 tonnes de fonte mixte. Le total présente une diminution de 122 798 tonnes par rapport à l'année 1885, laquelle était déjà en diminution de 242 596 tonnes sur 1884.

Il a été produit, en 1886, 767 214 tonnes de fer, dont 658 504 de fer puddlé, 17 768 de fer affiné au charbon de bois et 90 942 de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons.

Le département de la Seine figure, à lui seul, dans la fabrication du fer de riblons pour 43 650 tonnes, c'est-à-dire sensiblement la moitié de la production totale de ce genre de fer ; il y a une augmentation sur l'année précédente où le chiffre correspondant n'était que de 38 588 tonnes sur un total de 94 825.

La production totale du fer a été, en 1886, en diminution de 15 217 tonnes sur l'annéée 1885, laquelle était elle-même en diminution de 105 452 tonnes sur 1884.

Le chiffre de la production des rails en fer n'est plus que de 910 tonnes contre 4 735 en 1885 et 15655 en 1884.

Quant à l'acier, le total de la fabrication s'élève, en 1886, à 466 913 tonnes, dont 348 299 d'acier Bessemer, 89 755 d'acier Siemens-Martin, 20 731 d'acier puddlé et de forge ; le reste se partage entre l'acier cémenté, l'acier fondu au creuset et l'acier obtenu par réchauffage de vieil acier.

Le total présente, par rapport à 1885, une diminution de 86 926 tonnes.

Les rails d'acier figurent en 1886 dans la production totale pour 252933 tonnes en diminution de 102 617 tonnes sur l'année 1885, laquelle était elle-même en diminution de de 11 715 tonnes sur 1884.

Quant aux tôles d'acier, il en a été fabriqué,en 1886, 47 206 tonnes contre 45 834 en 1885 et 40 000 en 1884 et 33 000 en 1883. Cette fabrication est donc en progrès, ce qui tient probablement au développement de l'emploi de l'acier pour les constructions navales.

Note sur des **expériences de congélation des terrains**, par M. Alby, Ingénieur des ponts et chaussées.

Il a été fait, en octobre 1885, dans les ateliers de MM. Rouart frères, des expériences sur la congélation des terrains pour étudier certains points relatifs au système de fondations par congélation de M. Poetsch.

Les expériences ont porté sur deux points : la formation de la couche de glace autour des tubes et la résistance des terrains congelés.

On s'est servi d'un réservoir en tôle de 1,40 *m* de diamètre sur 3 mètres de hauteur contenant à l'intérieur, dans l'axe, un tube de 0,17 *m* de diamètre, lequel constituait l'élément congélateur. Le réservoir est rempli de la matière à congeler, sable et terre, et entouré d'une épaisse couverture de paille pour l'isoler de l'atmosphère ambiante. Des ouvertures permettent d'introduire des sondes en fer pour déterminer le profil de la masse congelée. Dans le tube central circule le liquide réfrigérant provenant d'une machine à glace en fonctionnement continu. Les expériences n'ont pas permis de déterminer en combien de temps on peut obtenir en pratique une couche de glace d'épaisseur donnée ; on a pu constater seulement que le rendement de la machine diminue à mesure que la couche de glace augmente et qu'il y a intérêt pour la bonne utilisation du froid dans le tube à avoir des températures basses.

Un des points sur lesquels portaient les expériences était la résistance des matières congelées. On a opéré par écrasement à la presse hydrau-

lique d'un certain nombre de cubes et par l'essai de briquettes à la traction.

Les essais ont porté sur le sable naturel gelé à diverses températures et avec divers degrés d'humidité, sur des mélanges à proportions définies d'eau, de sable et de glaise à modeler, enfin sur des cubes de glace pure.

Ces expériences ont permis de conclure que la résistance des terrains s'accroît rapidement lorsque la température s'abaisse, et que la variation de la résistance, selon la proportion d'eau contenue par le sable, est considérable : le maximum correspondant à la saturation complète.

Note sur un **accident survenu au Puits Fontanes**, par M. DE CASTELNAU, Ingénieur des Mines.

Cet accident, survenu le 25 avril 1885 au puits Fontanes de la concession houillère de Rochebelle et Cendras, est dû à un dégagement instantané d'acide carbonique. Des coups de mine produisirent une émission de ce gaz dans une telle proportion que cinq ouvriers furent asphyxiés. On peut par un calcul grossier évaluer à 17 000 mètres cubes au moins le volume d'acide carbonique subitement dégagé ; les effets mécaniques de cette irruption de gaz furent considérables. Il ne paraît pas déraisonnable d'admettre pour l'acide carbonique l'hypothèse que M. Arnould, Ingénieur au corps des mines de Belgique, a présentée pour le grisou, c'est-à-dire l'existence de ces gaz à l'état liquide dans la houille.

Comme mesure de précaution, on ne voit guère que l'interdiction du travail au pic, le tirage des coups de mines à l'électricité de l'orifice du puits après sortie préalable de tous les ouvriers et l'emploi d'un bon système de signaux d'avertissement permettant de correspondre, non seulement du fond au jour, mais encore du jour au fond.

Note sur un **procédé d'exécution de travaux de sauvetage**, par M. Léon LÉVY, Ingénieur des Mines.

L'auteur expose qu'il a eu occasion de mettre en pratique comme moyen de sauvetage un des procédés de construction de puits et galeries indiqués dans le manuel à l'usage du génie, intitulé : *École de Mines*.

Il s'agissait de rechercher le corps d'un ouvrier pris sous un éboulement de 15 mètres au fond d'un puits dans les sables de Fontainebleau. Le procédé employé est connu sous le nom de *fonçage de puits à la Boule*.

On opère avec un cadre en bois de 0,80 *m* sur 0,80 *m*, formé de 4 pièces de bois équarries qu'on pose sur le sol ; on creuse dessous et à mesure de l'enfoncement on superpose des planches qu'on consolide en clouant à l'intérieur des tringles en bois. Le changement de direction se fait par l'emploi de châssis tournants dont la note donne la description avec figures.

Ce procédé ne comporte que des ressources en bois et main-d'œuvre que l'on trouve à peu près partout.

Note sur la **théorie du planimètre d'Amsler**, par M. A. THIRÉ, professeur à l'École des Mines d'Ouro-Preto.

Note sur **l'établissement des canaux pour la création de chutes motrices**, par M. A. THIRÉ, professeur à l'École des Mines d'Ouro-Preto.

Lorsqu'on se propose de dériver un cours d'eau pour créer une chute motrice, la question de l'établissement d'un canal présente une large indétermination en présence de divers éléments : débit, vitesse, section, forme de la section, pente, etc.

L'auteur démontre que, de tous les canaux ayant une section et une longueur données, celui qui fournit à son extrémité la force motrice maximum est celui dont la pente sacrifie le tiers de la hauteur de la chute totale et laisse disponible, à l'extrémité du canal, les deux tiers de cette chute totale.

Note sur **l'état actuel de la Mine et de l'usine d'Almaden (Espagne)**, par M. Kuss, Ingénieur des Mines.

L'exploitation de la mine d'Almaden concerne du quartzite blanc ou noir imprégné de cinabre ou sulfure de mercure. Ce minerai est traité à l'usine annexée pour l'extraction du mercure.

On a récemment perfectionné les méthodes de traitement par la substitution de la houille au bois comme combustible et par la modification de certains fours.La condensation a été aussi perfectionnée ; la perte finale de mercure n'atteint pas 5 0/0.

On traite en moyenne 17 000 tonnes de minerai par an ; le rendement est de 95 kilogrammes environ à la tonne et le prix de revien de la tonne de mercure varie de 1 000 à 1 100 francs.

La production totale du mercure dans le monde est de 3 200 tonnes environ, dont l'Espagne produit à peu près la moitié. Les Etats-Unis viennent après pour 970 tonnes, et l'Autriche et l'Italie se partagent le reste. La Chine et, après, les Etats-Unis sont les pays qui en consomment le plus.

2e livraison de 1887.

Note sur **l'Ozokérite, ses gisements, son exploitation à Boryslaw** et son traitement industriel, par M. A. Rateau, Ingénieur des Mines.

L'ozokérite est un pétrole solide qui ne se trouve guère qu'en Galicie. Son exploitation à Boryslaw représente actuellement une valeur annuelle de plus de 10 millions de francs.

Son usage principal est la préparation de la paraffine et surtout de la cérésine, cire minérale qui peut remplacer la cire d'abeilles dans toutes ses applications.

L'ozokérite se trouve dans les schistes et les grès miocènes en filons d'une épaisseur variable de quelques millimètres à quelques pieds On se borne à Boryslaw à la soumettre à un premier traitement qui a pour but de la séparer de la gangue qui l'entoure. C'est une simple fusion ; les pains ainsi obtenus sont envoyés en Autriche, en Allemagne, en Angleterre, etc., où on la blanchit, où on la traite pour en retirer la paraffine et la cérésine.

Rapport sur **la nouvelle soupape de sûreté Barçon**, par M. Michel-Lévy, Ingénieur en chef des Mines.

Cette soupape, imaginée par M. Barçon, Ingénieur aux Forges de Fraisans, comporte trois organes : un plateau qui repose sur le siège de la soupape, une cloche qui coiffe extérieurement la partie supérieure du plateau et sur laquelle s'appuie le levier à contre-poids ou à ressort, enfin une petite soupape traversant le centre du plateau et s'ouvrant de haut en bas.

La cloche mobile repose sur le plateau par l'intermédiaire de rondelles Belleville.

Lorsque le levier normalement chargé est horizontal, on dispose de la tension des ressorts Belleville de telle façon que la cloche soit en équilibre à l'extrémité supérieure de sa course possible ; la tige de la petite soupape a une longueur telle qu'elle affleure alors le plafond de la cloche.

La moindre surcharge abaisse la cloche toute entière qui ouvre la soupape et le sifflement de la vapeur produit un avertissement : le calage de l'appareil ne peut produire aucun effet.

Le rapport propose de soumettre la nouvelle soupape à des essais prolongés.

Il est indiqué à la suite que cet appareil a été essayé aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest à Paris et que son fonctionnement n'a révélé aucun inconvénient spécial ; il présente des avantages notables sur celui des soupapes ordinaires et rend difficilement efficace, à chaud, le calage ou la surcharge.

Il y a donc lieu de signaler cet appareil aux industriels.

Rapport sur **la nouvelle soupape de sûreté Coret**, par M. Michel-Lévy, Ingénieur en chef des Mines.

Cette soupape, due à M. Coret, garde-mines à Bourges, se compose d'un siège ordinaire et d'un clapet en bronze chargé par un levier à l'extrémité duquel agit un poids ou un ressort. Ce clapet est lui-même composé de deux parties pouvant glisser l'une sur l'autre, la seconde partie est une petite soupape s'ouvrant de haut en bas et maintenue fermée par un ressort à boudin. La tension du ressort est réglée de façon à contrebalancer exactement la charge du levier. S'il n'y a ni calage ni surcharge, la soupape fonctionne comme une soupape ordinaire. Dans le cas contraire, le ressort se comprime : en cas de calage, le clapet se soulève si la pression dépasse celle du timbre.

Cet appareil a été reconnu fonctionner d'une manière très satisfaisante; aussi le rapport le constate-t-il, mais en faisant quelques réserves au sujet de l'analogie de principe que cette soupape présente avec la soupape Barçon, analogie qui pourrait soulever des questions de priorité, dans lesquelles l'administration n'a pas à intervenir.

Note sur **deux explosions de chaudières**, aux forges de l'Adour et au puits Marseille de la concession de Montrambert.

La première explosion a eu lieu le 22 février 1886 à l'usine du Boucau des forges de l'Adour ; elle a tué quatre hommes et blessé quatre. C'était

une chaudière verticale à quatre bouilleurs également verticaux reliés au corps cylindrique par deux tubulures, l'une supérieure, l'autre inférieure fermée par un bouchon en fonte portant un autoclave.

C'est l'un de ces bouchons de 0,65 *m* de diamètre qui s'est brisé.

La cause de l'accident doit être rapportée à une malfaçon dans la rivure qui réunissait le bouchon en fonte à la tôle du bouilleur; les trous ne se correspondaient pas et les rivets avaient dû être déviés et forcés.

La seconde explosion a eu lieu le 14 août 1886 au puits Marseille de la concession de Montrambert. Il y a eu seulement un ouvrier blessé.

La chaudière était horizontale à un seul bouilleur réchauffeur latéral; ce dernier était terminé à l'avant par un bouchon en fonte rivé à la tôle du bouilleur et portant un autoclave. C'est encore ce bouchon qui s'est brisé. Le bouchon portait des traces de fissures préexistantes; de plus, les trous des rivets étant venus de fonte, on s'était servi de la broche pour les faire coïncider à peu près avec ceux de la tôle, et cette opération a pu aussi déterminer des fissures. En somme, l'accident doit être attribué à une malfaçon dans la construction.

Note sur un système de **rallumage intérieur des lampes de sûreté**, par M. Janet, Ingénieur des Mines.

On se préoccupe, à juste raison, de la question de la fermeture des lampes de sûreté, et on a obtenu des dispositifs efficaces. Mais si l'impossibilité absolue pour l'ouvrier d'ouvrir sa lampe est une grande garantie contre les explosions de grisou, elle n'est pas sans entraîner certains inconvénients, et l'idéal serait d'avoir une lampe qu'on ne pût pas ouvrir et qu'on pût néanmoins rallumer.

M. Catelle a proposé un système dans lequel le rallumage se produit par le frottement d'une allumette, ou porte-feu, placée intérieurement contre une partie rugueuse sous l'action d'une pièce mobile. Nous n'indiquons que le principe, car il serait impossible de décrire la disposition sans l'aide d'une figure. L'appareil fonctionne assez bien, quoiqu'on observe quelques ratés.

On peut signaler à ce propos un fait assez singulier. Plusieurs compagnies houillères se sont montrées disposées à expérimenter l'appareil Catelle et ces essais auraient probablement amené des perfectionnements qui eussent conduit à une solution tout à fait satisfaisante, mais on s'était heurté jusqu'ici contre le monopole de la Compagnie des allumettes qui s'était refusée à laisser fabriquer ou importer en France la petite quantité de portefeux nécessaires pour expérimenter le système. Il paraît, d'après une note rajoutée au mémoire, que cette difficulté aurait été aplanie et qu'on allait expérimenter sur une certaine échelle le rallumeur Catelle.

Expériences synthétiques sur l'abrasion, par M. Thoulet, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

Le terme *abrasion* exprime l'action usante mécanique produite par l'air

agissant comme véhicule de particules solides. Les effets de l'abrasion sont très remarquables sur les roches dans certaines contrées sablonneuses; on peut l'observer sur les vitres des maisons au bord d'une plage sableuse après un ouragan. On sait qu'on a appliqué le jet de sable au travail des pierres dures.

L'auteur a fait quelques expériences en employant comme matière usante le quartz cristallisé du Brésil concassé et tamisé. On le projette à l'aide d'un jet d'air contre une plaque de matière dure et on mesure la perte de poids éprouvée par cette dernière sous le choc d'un poids connu de quartz pulvérisé. Pour la comparaison des résultats obtenus avec des plaques de diverses substances, on prend pour unité un poids de 25 grammes de quartz par exemple.

L'appareil employé pour ces recherches se compose d'une pompe avec son réservoir et son manomètre et d'un magasin à sable disposé d'une manière convenable pour qu'aucune parcelle de sable ne puisse se soustraire à l'action du vent.

L'abrasion est directement proportionnelle à la quantité de poudre employée, mais il y a un certain nombre de variables dont l'influence est considérable ; ainsi la pression du vent, la forme des grains de sable, le poli de la pierre, l'inclinaison de celle-ci par rapport au jet, l'humidité, etc., ont une action sur les effets de l'abrasion.

Note sur le **profil des cames de marteaux**, par M. THIRÉ, professeur à l'Ecole des mines d'Ouro-Preto.

L'auteur, en étendant aux cames des marteaux et autres appareils les considérations présentées par lui dans une note précédente (voir comptes rendus de novembre 1886, page 679) relativement aux cames de bocards, conclut que l'adoption du profil en épicycloïde ne se justifie pas et que le profil en arc de cercle doit lui être substitué comme offrant le double avantage d'être théoriquement plus rationnel et pratiquement plus simple et plus facile à construire.

Mémoire sur l'**extension des plaques élastiques**, par M. PELLETAN, Ingénieur des Mines.

Il s'agit d'une simplification de la méthode de Clebsch pour la détermination de l'état d'équilibre d'une plaque d'épaisseur constante sur la surface latérale de laquelle agissent des forces parallèles aux bases.

Discours prononcé sur la tombe de M. BLAVIER, inspecteur général des mines en retraite, par M. LORIEUX, inspecteur général des mines.

Rapport des délégués du gouvernement français au **Congrès international des chemins de fer**, à Bruxelles, en 1885.

Ce rapport a déjà paru dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (voir comptes rendus d'août 1887, page 171).

Note sur les travaux de la Commission chargée d'élaborer un **nouveau règlement de police des mines** pour le royaume de **Saxe**, et résumé de ce règlement, par M. ICHOU, Ingénieur des Mines.

Les travaux de la Commission ont eu spécialement pour objet les questions se rattachant au grisou et aux poussières de charbon, c'est-à-dire celles de l'éclairage, de l'aérage et du tirage des coups de mines.

Le règlement de police qui en est résulté est fort étendu, car il ne comporte pas moins de 144 paragraphes, répartis en cinq sections dont nous nous devons borner à donner les titres : I. Protection de la surface ; II. Installation des puits et des machines ; III. Exploitation des mines, comprenant elle-même : entretien des travaux, descenderies, extraction, tirage des coups de mines, aérage et emploi des lampes de sûreté ; IV. Ouvriers, et V. Prescriptions finales.

Note sur les **principales explosions survenues dans les houillères anglaises** en 1883, 1884 et 1885, par M. Ichou, Ingénieur des Mines.

Ces explosions principales sont au nombre de quatre, dont une en 1883, à Altham, dans le Lancashire, et trois en 1885 à Usworth, à Clifton-Hall et à Mardy. La plus importante est celle de Clifton-Hall, qui a causé la mort de 178 personnes ; elle est attribuée à un énorme et subit dégagement de grisou et à son inflammation par des lampes à feu nu.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 36. — *3 septembre 1887.*

Liaison des tiges avec les pompes dans les puits de mines, par H.-L. Oeking.

Les machines agricoles et la première exposition de la Société allemande d'agriculture à Francfort-sur-le-Mein, par le Dr A. Wüst.

Armes à feu. — Cartouches pour fusils. — Fusil à tir rapide automatique Maxim. — Canon-revolver Hotchkiss.

Machines pour le travail des métaux. — Machines à mouler.

Groupe de Francfort-sur-le-Mein. — Excursion à Hanau. — Utilisation des scories de forge en agriculture. — Excursion à Darmstadt.

Patentes.

N° 37. — *10 septembre 1887.*

Compte rendu de la séance du bureau de l'Association le 14 août 1887, à Leipsick.

Liaison des tiges avec les pompes dans les puits de mines (*suite*), par H.-L. Oeking.

Résultats des expériences faites sur les deux machines d'épuisement intérieures du puits Wilhelm de la Société des mines d'Eschweiler, par M. F. Gutermuth.

Groupe de Cologne. — Le fer au point de vue de la fonderie.

Patentes.

Bibliographie. — Aide-mémoire de l'ingénieur publié par la Société la *Hütte*.

Correspondance. — Rendement des pulsomètres.

N° 38. — *17 septembre 1887.*

Compte rendu de la 28e assemblée générale de l'Association les 15, 16 et 17 août 1887, à Leipsick.

Développement de l'industrie de la librairie à Leipsick, par le docteur O. von Hase.

Les machines agricoles et la première exposition de la Société allemande d'agriculture à Francfort-sur-le-Mein, par le Dr A. Wüst (*suite*).

Machines pour le travail des métaux. — Machines à mouler. — Machines à forger.

Groupe de Breslau. — Procédés pour le moulage sans modèles de poulies et volants.

Patentes.

N° 39. — *24 septembre 1887.*

Compte rendu de la 28e assemblée générale de l'Association les 15, 16 et 17 août 1887, à Leipsick (*suite*).

Développement de l'industrie de la librairie à Leipsick (*fin*).

Dynamomètre de Frichinger.

Electro-technique. — Représentation optique du fonctionnement du téléphone par le Dr Frölich.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Signaux d'alarme pneumatiques pour fabriques.

Le *Climax*, appareil pour l'ascension des cheminées. — L'industrie de l'agate à Oberstein-sur-Neckar.

Groupe de Bergues. — Accidents de chaudières.

Groupe de la Lenne. — Influence de l'étirage sur la densité des métaux.

Groupe de la Ruhr. — Murs et planchers incombustibles de Rabitz.

Patentes.

Bibliographie. — La télégraphie électrique et la téléphonie appliquées aux usages domestiques, par L. Scharnweber, édition refondue par le Dr Otto Goldschmidt.

N° 40. — *1er octobre 1887.*

Compte rendu de la 28e assemblée générale de l'Association les 15, 16 et 17 août 1887, à Leipsick (*fin*).

Appareil à souder par l'électricité, système Bernardo, par R. Rühlmann,

Les machines agricoles et la première exposition de la Société allemande d'agriculture à Francfort-sur-le-Mein, par le Dr A. Wüst (*suite*).

Briques allemandes en mâchefer.

Patentes.

Bibliographie. — Centenaire de la fabrique de papier de Spechthausen.

Correspondance. — Influence de l'étirage sur la densité des métaux.

BIBLIOGRAPHIE

L'irrigation en Egypte, par M. J. Barois, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, secrétaire général du Ministère des Travaux publics en Egypte. — Paris, Imprimerie nationale.

L'auteur a bien voulu offrir à la Société des Ingénieurs Civils cet ouvrage qui présente un très grand intérêt et que nous croyons devoir signaler à l'attention de nos collègues.

On a appelé l'Egypte la terre classique de l'irrigation; or, un fait bien remarquable est que les traces si nombreuses qu'on trouve de l'histoire de ce pays dès les temps les plus reculés n'indiquent rien ou à peu près rien relativement à l'utilisation et à la distribution des eaux du Nil. Ce ne serait donc qu'à une époque relativement récente qu'on aurait commencé à substituer à l'inondation naturelle effectuée par le Nil des modes artificiels d'irrigation destinés à compléter celle-ci.

L'Egypte a, en général, la forme d'une vallée étroite et à fond plat, de sorte que l'inondation peut s'étendre sur des distances considerables. Mais l'inondation ne suffit pas pour les besoins de la culture ; aussi avait-on cherché depuis longtemps à la compléter par la création de bassins d'inondation, sortes de réservoirs destinés à recevoir les eaux et formés d'abord d'une digue parallèle au Nil et assez élevée pour protéger le bassin contre l'inondation directe, puis de deux digues transversales allant de la première aux collines qui bordent la vallée. Il y a de plus un canal d'amenée d'eau et un canal de fuite. Certains de ces bassins ont des dimensions énormes, plusieurs milliers d'hectares de superficie. L'eau séjourne dans ces bassins plusieurs mois, de sorte qu'elle a le temps d'y déposer la plus grande partie de son limon. Il se produit ensuite un phénomène d'une autre nature et non moins important pour le résultat agricole. La terre se dessèche et se fendille, de manière à permettre une aération du sol et une pénétration profonde de l'air et de l'azote qui, à l'état très divisé, se trouve plus apte à être dissous facilement et transformé en produits qui seront ensuite assimilés par les racines des plantes.

Mais, depuis Mehemet-Ali, on tend à substituer l'irrigation à la submersion et le système des bassins a été remplacé, d'abord dans la Basse-Egypte, puis dans une partie de la Haute, par des canaux d'irrigation qui permettent de cultiver le sol toute l'année et d'en retirer pendant l'été des récoltes riches, telles que la canne à sucre et le coton, tandis que les bassins ne permettent au sol de produire qu'une récolte d'hiver après la crue, après quoi il doit se reposer, faute d'eau.

M. Barois énumère comme suit les principaux résultats que l'on doit chercher à obtenir par l'exécution des travaux neufs relatifs à irrigation:

1° Améliorer les régions d'irrigation en rendant le débit des canaux, pendant l'étiage, aussi indépendant que possible du niveau des basses

eaux, en diminuant les frais d'entretien, en relevant le niveau des eaux pour le rapprocher de la surface du sol, en régularisant l'écoulement du surplus nes eaux d'arrosage ;

2° Substituer le régime des irrigations au système des basssins d'inondation dans la partie où ceux-ci subsistent encore ;

3° Régulariser le débit du Nil de façon à diminuer les crues trop fortes et à augmenter les étiages trop faibles.

On a commencé à réaliser ce programme depuis les conventions internationales de 1884, par des travaux répartis dans la Basse-Egypte, dans le Fayoum et dans la partie de la Haute-Egypte arrosée par le canal Ibrahimieh.

Ces travaux comprennent notamment la consolidation du grand barrage du Nil dû à Mougel-Bey et qui n'a jamais pu être que partiellement utilisé par suite de l'insuffisance de ses fondations.

La seconde partie du programme ne pourra être abordée de longtemps à cause des ressources financières trop limitées du pays. La réalisation de la troisième partie est naturellement encore plus éloignée, bien que des projets soigneusement étudiés et facilement réalisables aient été présentés par la Société des études du Nil. Rappelons à ce sujet que notre collègue, M. Cotard, a développé cette intéressante question devant notre Société, dans la séance du 15 février 1884.

L'ouvrage de M. Barois donne la description des principaux ouvrages d'irrigation établis en Egypte, avec des détails sur la construction et l'entretien des canaux, des digues et des ouvrages d'art.

Nous signalerons parmi ces ouvrages, les usines élévatoires d'Atfeh et du Katatbeh : c'est dans cette dernière que sont établies les machines Farcot, dont notre président actuel, M. Brüll, nous a donné la description dans la séance du 5 novembre 1886.

L'auteur s'étend considérablement sur les procédés d'élévation, dont quelques-uns des plus primitifs, tels que le *nattal*, le *chadouf* et la *sakié*, se sont transmis à travers les siècles avec le caractère de tradition et d'invariabilité que conservent la nature et les choses d'Orient, et sur l'emploi des eaux d'arrosage. La question agricole proprement dite, les cultures pratiquées en Egypte et les avantages résultant à ce point de vue de l'irrigation, sont étudiés très en détail et cette étude est complétée par l'examen des lois et règlements concernant la matière et du régime de la propriété foncière en Egypte.

L'ouvrage est accompagné d'un atlas de 22 planches donnant les cartes nécessaires pour l'étude du régime hydraulique du pays, les principaux ouvrages d'art avec les détails utiles, plus quelques photographies représentant les moyens classiques et primitifs d'élévation des eaux dont nous avons parlé plus haut.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 22594-7.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1887

N° 5

Sommaire des séances du mois de novembre :

1° Lettres de M. A. Boulé, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, au sujet de la *navigation de la Seine* (séance du 4 novembre, pages 345 et 347).

2° Décès de MM. E. Pierron et J. Barret (séance du 4 novembre, page 351).

3° Avis relatif à la maladie de M. A. Hallopeau, trésorier (séance du 4 novembre, page 352).

4° Avis de la nomination de M. F. Delmas en qualité d'architecte de la Société (séance du 4 novembre, page 352).

5° Election d'un membre du Comité en remplacement de M. E. Lavezzari, décédé (séance du 4 novembre, pages 352 et 354).

6° Communication de M. D. Casalonga sur *un bec à gaz à flamme plate papillon et à récupération de chaleur, système Delmas-Azéma* (séance du 4 novembre, page 352).

7° Observations de M. A. Ellissen sur la communication précédente (séance du 4 novembre, page 354).

8° Communication de M. E. Farcot sur *l'application de la ventilation*

mécanique à air humidifié dans les filatures (séance du 4 novembre, page 355).

9° Communication de M. E. Piarron de Mondesir sur *la force* (séance du 4 novembre, page 361).

10° Observations de M. Bertrand de Fontviolant sur la communication précédente (séance du 4 novembre, page 364).

11° Compte rendu du *Congrès international des chemins de fer (2e session)* Milan 1887, par M. G. Cerbelaud (séance du 4 novembre, page 365).

12° Renseignements sur les discussions du Congrès de Milan par M. E. Polonceau (séance du 4 novembre, page 366).

13° Circulaires de M. L. Somzée relatives au concours international des sciences et de l'industrie qui doit se tenir à Bruxelles en 1888 (séance du 4 novembre, page 367).

14° Observations de M. W. de Nordling au sujet des lettres de M. A. Boulé, sur la navigation de la Seine (séance du 18 novembre, page 367).

15° Nomination de M. S. Périssé, comme membre de la Commission centrale des appareils à vapeur (séance du 18 novembre, page 369).

16° Communication de M. P. Horsin-Déon sur *les appareils à condensation* (séance du 18 novembre, page 369).

17° Observations de MM. S. Périssé et D. Casalonga sur la communication précédente (séance du 18 novembre, pages 370 et 372).

18° Communication de M. H. Lasne sur les phosphates de Beauval et d'Orville (séance du 18 novembre, page 374).

19° Communication de M. Auguste Moreau sur *la solubilité des phosphates et leur utilisation en agriculture* (séance du 18 novembre, page 374).

20° Discussion sur *la question des phosphates*, par MM. L. Dumas, L. Durassier, E. Grüner, H. Lasne, A. Moreau, S. Périssé, E. Petit, et L. Thomas (séance du 18 novembre, pages 376 à 378).

Pendant le mois de novembre la Société a reçu :

1° De M. le baron M. de Vautheleret, membre de la Société, sa brochure sur les *Anciennes Voies romaines et leur Corrélation avec nos grandes lignes ferrées actuelles* (Communication faite au Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne, le 2 mai 1887);

2° De M. F. Schabaver, membre de la Société, son *Projet de création d'un privilège spécial sur les machines et appareils vendus aux établissements industriels;*

3° De M. A. Cottrau, membre de la Société, sa brochure en italien intitule : *Gran Ponte Girevole nell' arsenale di Taranto;* et deux photographies;

4° De M. Frantisek Müller, son ouvrage en tchèque intitulé : *Géodésie Nizsi;*

5° De M. J. Carimantrand, membre de la Société, une notice sur l'*Histoire, les établissements et le fonctionnement de la Compagnie des Entrepôts et Magasins Généraux de Paris;*

6° De M. G. Ritter, sa brochure intitulée : *Propositions faites au Conseil municipal de la Ville de Paris*, concernant un projet d'alimentation de cette capitale en eau, force et lumière électrique, au moyen de la dérivation des eaux du lac de Neuchâtel;

7° De M. Pécharman, Pierre, son ouvrage avec atlas intitulé : *Mémoire sur les sections des hélicoïdes à plan directeur;*

8° De M. L. Boudenoot, membre de la Société, le compte rendu de sa conférence au théâtre du Château-d'Eau, le 23 octobre, sur le *Métropolitain de Paris;*

9° De M. H. Mathieu, membre de la Société, un extrait de la *Revue générale des chemins de fer*, où se trouve son article intitulé : *De la Consommation des traverses en bois employées sur les voies du réseau français;*

10° De M. P. Horsin-Déon, membre de la Société, son *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. A. Bonehill, présenté par MM. J. Carimantrand, G. Lévi et A. Mallet.

P. Caillard, — — J. Carimantrand, A. Mallet et E. Pérignon.

V. Caillard, — — J. Carimantrand, A. Mallet et E. Pérignon.

J. Cattaui, — — L. Cahen-Strauss, J. Carimantrand et A. Mallet.

G. Chervet, — — A. Brüll, C. Chuwab et S. Périssé.

P. Garcenot. — — J. Clerc, E. Monjean et A. Moreau.

A. Goblet, — — A. Crespin, L. Dumont et L. Henry.

E. Lefèvre. — — L. Brossard, H. Freulon et A. Hallopeau.

G. Michelet, — — J. Carimantrand, A. Mallet et A. Spée.

F. Variot, — — L. Brossard, H. Freulon et A. Hallopeau.

L. Wiriot — — T. Seyrig, H. Hersent et C. Bourdon.

Membres associés :

MM. Brunette, présenté par MM. E. Lallement, J. Leroux et A. Montupet.

A. Marchand, — — H. Hersent, H. Desgranges et J. Carimantrand.

Les auteurs sont invités, pour désigner les mesures métriques, à bien vouloir se servir des abréviations déterminées par le Congrès international du mètre. Ces abréviations sont indiquées page 738 du premier volume de l'année 1884 du Bulletin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1887

Séance du 4 Novembre 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, vous avez reçu deux procès-verbaux : le procès-verbal de la séance du 7 octobre et celui de la séance du 21 octobre.

M. le Président a reçu de M. A. Boulé, Ingénieur en chef de la navigation de la Seine, deux lettres, à propos de cette même séance du 7 octobre dernier. Ces lettres sont reproduites ci-dessous.

Paris, le 21 octobre 1887.

Monsieur le Président,

Je reçois aujourd'hui seulement le résumé de votre séance du 7 de ce mois, et j'y trouve l'observation suivante de M. Hersent :

Les chiffres apportés par M. Boulé *n'infirment pas les déductions approximatives* que j'ai faites, au sujet de la répartition des dépenses de la navigation de la Seine entre Rouen et Paris.

Assurément, il y a là un malentendu, provenant sans doute de ce que je me suis mal expliqué.

Lorsque j'ai eu l'honneur de vous écrire, le 31 juillet, je ne connaissais que le résumé de la séance du 15 juillet, et non le mémoire de M. Hersent, publié postérieurement dans le Bulletin de juillet.

J'avais vu, dans le résumé du 15 juillet, que, d'après M. Hersent, les travaux de la Seine avaient entraîné des *dépenses considérables relativement aux résultats modestes* qu'ils ont produits, et que la dépense représentait en capital *166 francs par tonne de trafic.*

J'avais été très surpris de voir M. Hersent déclarer que les travaux, qu'il a exécutés et dont il rendait compte, avaient coûté beaucoup trop cher pour le résultat obtenu. J'avais donc cru devoir vous faire remarquer qu'il n'en était pas de même dans la section de la Seine entre Paris et l'Oise et que, là, les résultats étaient en rapport avec la dépense.

Il est vrai qu'entre Paris et l'Oise, on n'a pas employé les procédés de fondation à l'air comprimé, mais les anciens procédés d'épuisement et de bétons coulés à la caisse, que je crois beaucoup moins coûteux et d'une exécution plus rapide, pour des écluses et des barrages.

J'avais donc expliqué qu'entre Paris et Poissy on a dépensé 15 125 000 francs; que le trafic avait été, en 1886, de 2 442 169 tonnes à la distance entière entre Paris et l'Oise, d'où une dépense en capital de $\frac{15\,125\,000}{2\,442\,169}$ = 6,20 *fr* et non pas 166 francs.

Dans son mémoire, M. Hersent n'a pas calculé comme le rapporte, d'après M. Molinos, le résumé de la séance du 15 juillet : il compte entre Paris et Rouen :

Intérêt d'une somme de 60 millions à 5 0/0 . . .	Fr.	3 000 000 »
Entretien des ouvrages		600 000 »

Soit par tonne de trafic $\frac{2\,400\,000}{700\,000}$ = 3,42 *fr*.

En calculant de cette manière pour la section de Paris à l'Oise, on trouverait :

Intérêt à 5 0/0 de 15 125 000 francs.	Fr.	756 250 »
Dépenses d'entretien		156 000 »
Total.	Fr.	912 250 »

Soit par tonne transportée en 1886 à 63 *km* entre Paris et l'Oise $\frac{912\,250}{2\,442\,169}$ = 0,374 *fr*, ou par tonne et par kilomètre $\frac{0{,}374}{63}$ = 0,0059 *fr*.

Cela me paraît infirmer complètement le chiffre de 3,42 *fr* indiqué par M. Hersent et justifier entièrement les dépenses faites; car la diminution du prix du fret qui en résultera sera certainement bien supérieure à l'intérêt des dépenses de premier établissement supportées par le budget de l'Etat.

Mais M. Hersent a voulu dire sans doute, dans sa dernière lettre, qu'il faut examiner la section entière de Paris à Rouen et non pas seulement celle de Paris à l'Oise, où le trafic est beaucoup plus fort.

A cela, M. Molinos a répondu, dès le 15 juillet, qu'on doit attendre de l'effet des travaux une grande augmentation de trafic, et vous avez vous-même conclu que les millions dépensés se trouveront de jour en jour mieux justifiés, et que si la dépense actuelle est connue, le trafic futur est inconnu.

Pour calculer le rapport de la dépense au trafic entre Paris et Rouen, il ne faudrait pas se contenter d'approximations incertaines, mais connaître les chiffres exacts. Il appartiendrait à M. Caméré, Ingénieur en chef de la section de l'Oise à Rouen, de rectifier les chiffres de M. Hersent, car je ne connais pas exactement le total des dépenses faites entre l'Oise et Rouen et, quant au trafic, la dernière statistique publiée est celle de 1884.

D'après cette statistique officielle, le tonnage kilométrique entre Paris et Rouen a été, en 1884, de 267 968 288 *t. km*, soit pour la distance de

$234\,k. \frac{267\,968\,288}{234} = 1\,145\,163\,t$ en moyenne à la distance entière de la voie, et non pas 700 000 comme l'a dit M. Hersent. Les chiffres indiqués par M. de Coëne pour 1886 : 223 944 000 tonnes kilométriques et 933 102 *t* en moyenne à la distance entière, sont assurément inexacts, puisqu'ils seraient inférieurs à ceux de 1884.

Si je suis bien renseigné, le trafic a été en 1886 :

De Paris à la Briche, de.	41 395 127 *t. km*
De la Briche à l'Oise	112 461 562
De l'Oise à Rouen.	162 592 836
Total	316 449 525 *t. km*

soit en moyenne pour la distance entière

$$\frac{316\,449\,525}{234} = 1\,352\,348\,t.$$

Les dépenses faites depuis 1878 se sont élevées :

Entre Paris et l'Oise, à.	Fr.	15 125 000 »
Entre l'Oise et Rouen, à environ.		45 000 000 »
Total.	Fr.	60 125 000 »
Dont l'intérêt à 5 0/0 donne.	Fr.	3 006 250 »
Les frais d'entretien s'élèvent à 2 000 francs environ par kilomètre, soit pour 234 *km*.		468 000 »
Total.	Fr.	3 474 250 »

La dépense annuelle, supportée par l'Etat, serait donc, par tonne, de $\frac{3\,474\,250}{1\,352\,348} = 2{,}57\,fr$, et non pas 3,42 *fr* comme l'a calculé M. Hersent.

Or, il dit lui-même que le fret a baissé de 6 à 3 francs. La dépense faite par l'Etat serait donc, pour le trafic de 1886, inférieure à l'abaissement du prix de fret et *dès maintenant* le résultat ne serait pas si modeste qu'on l'a dit, mais déjà rémunérateur. Or, il est certain que le trafic augmentera, maintenant que les travaux sont terminés, et vos conclusions du 15 juillet sont, Monsieur le Président, parfaitement exactes : « *Les millions dépensés se trouveront de jour en jour mieux justifiés.* » Mais pour faire correctement le calcul qu'a ébauché M. Hersent, il faut attendre encore plusieurs années, afin de calculer sur des chiffres certains et non sur des approximations, lorsque les travaux récemment terminés auront produit leur effet.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, ... AUGUSTE BOULÉ.

Paris, le 22 octobre 1887.

Monsieur le Président,

Dans ma lettre d'hier, j'indiquais le rapport du trafic de la batellerie de la Basse-Seine avec les dépenses faites par l'Etat, en vertu des lois des 6 avril 1878 et 21 juillet 1880, pour la canalisation de la Seine à 3,20 *m* de mouillage entre Paris et Rouen.

L'intérêt à 5 0/0 de la dépense de premier établissement, augmenté des dépenses annuelles d'entretien, rapporté au trafic de 1886, donne, pour chaque tonne transportée entre Rouen et Paris, 2,57 *fr.*, soit, par kilomètre, $\frac{2{,}57}{234} = 0{,}011$ *fr.*

Vous m'avez fait remarquer que cela constitue une prime payée par l'Etat à la batellerie, et semble justifier les critiques de M. de Nordling contre la navigation intérieure.

Mais dans cette discussion, il me semble qu'on a omis de tenir compte des subventions et des garanties d'intérêt payées par l'Etat aux Compagnies de chemins de fer.

La dernière statistique publiée par les Chemins de fer est celle de 1884; j'y trouve :

Subventions allouées par l'Etat et les Départements aux chemins de fer d'intérêt général au 31 décembre 1884. . . Fr. 3 145 335 058 »

Tandis que le total des dépenses faites pour la navigation intérieure (canaux et rivières), depuis le XVII^e^ siècle jusqu'à ce jour ne s'élèvent qu'à 1 750 000 000 de francs.

L'intérêt à 5 0/0 des dépenses supportées par l'Etat et les Départements pour les chemins de fer s'élève à . . . . Fr. 157 266 750 »

L'Etat a payé pour garanties d'intérêts des Compagnies de chemins de fer en 1884. . . . . 45 619 259 »

TOTAL. . . Fr. 202 886 009 »

D'autre part, les chemins de fer d'intérêt général ont transporté, en 1884, à 1 kilomètre :

Voyageurs	6 882 703 985
Marchandises petite vitesse.	10 478 300 196
TOTAL des unités kilométriques . . .	17 361 004 181

Faites pour les chemins de fer d'intérêt général en 1884 la même division que pour la Seine en 1886, et vous trouverez le même chiffre :

$$\frac{202\ 886\ 000}{17\ 361\ 004\ 181} = 0{,}011\ fr.$$

D'après ce calcul, la prime payée par l'Etat pour les transports sur les chemins de fer d'intérêt général est exactement la même que pour les transports par eau entre Rouen et Paris.

Mais vous remarquerez que pour la Seine j'ai pris le trafic de 1886, sans attendre ni escompter l'augmentation de ce trafic qu'on doit attendre des travaux terminés précisément en 1886; tandis que, pour les chemins de fer, j'ai dû prendre, faute de mieux, les chiffres de 1884.

Assurément, la statistique de 1886 donnera, pour les chemins de fer, une dépense plus forte à la charge de l'Etat et un trafic moindre qu'en 1884.

Les critiques de M. de Nordling ne sont donc pas plus justifiées *pour la Seine* que celles de M. Hersent.

Mais M. de Nordling et aussi M. Picard, dans son *Traité des chemins de fer* (Paris, Rothschild, 1887), ont comparé l'ensemble des chemins de fer à l'ensemble des voies navigables.

Cette comparaison n'est pas admissible, M. Fleury l'a déjà fait remarquer dans la séance du 18 mars dernier.

Un wagon peut circuler sur tout le réseau des chemins de fer d'intérêt général, sans rompre charge ; il trouve partout la même voie et le même gabarit. On peut donc prendre la moyenne des résultats d'exploitation des chemins de fer. Il n'en est pas de même de la batellerie. Une péniche de 300 tonneaux, qu'on voudrait faire circuler sur tout le réseau des voies navigables, serait arrêtée, tantôt par des écluses trop petites, tantôt par des ponts trop bas, tantôt par le manque de tirant d'eau.

Un bateau du gabarit adopté pour les écluses par la loi du 5 août 1879, qu'on voudrait conduire seulement du Havre à Marseille, devrait être allégé à 1,40 *m* au lieu de 1,80 *m* de tirant d'eau, à Montereau, pour remonter l'Yonne, puis il faudrait transborder à Lyon, car ce bateau ne saurait naviguer sur le Rhône sans s'exposer à des risques excessifs.

Pour pouvoir faire la comparaison, qu'ont tentée M. de Nordling à votre Société, et M. Picard dans son *Traité des chemins de fer*, il faudrait d'abord que l'on eût exécuté complètement la loi du 5 août 1879 sur tout le réseau des voies navigables, et l'on en est bien loin encore.

Pour en revenir à la Seine, M. de Nordling vous a dit dans la séance du 3 décembre 1886 :

« Au dire des partisans des voies navigables, le prix de transport par » eau serait notablement inférieur au prix des chemins de fer. C'est » là leur principal argument *et il serait décisif s'il était fondé.* »

Au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, qui vient d'avoir lieu à Toulouse, j'ai établi que le prix des transports, sur les sections de la Seine dont je suis chargé, s'établissent comme il suit, en calculant comme l'ont demandé MM. de Nordling et Picard, et aussi M. Polonceau dans la séance du 5 août, et comme je l'ai fait pour la section de Paris à l'Oise, dans ma lettre du 31 juillet dernier, que vous avez lue à la séance du 5 août :

	SECTION DE MONTEREAU A PARIS	SECTION DE PARIS A L'OISE
1° Péage supporté par l'Etat (intérêt à 5 0/0 de toutes les dépenses de premier établissement et frais annuels d'entretien)	— 0,011 *fr.*	— 0,009 *fr.*
2° Prix moyen du fret payé aux entreprises de batellerie	0,020 »	0,020 »
3° Prix total par tonne et par kilomètre des transports sur la Seine	0,031 *fr.*	0,029 *fr.*

Dans un mémoire cité par M. de Nordling et publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1883, 2e semestre), M. Baum a établi qu'en 1881, le prix de revient des transports sur le réseau des chemins de fer d'intérêt général français s'élevait à 0,059 *fr* en moyenne (minimum 0,123 *fr* pour le nouveau réseau P.-L.-M. ; maximum 0,365 *fr* pour l'ancien réseau d'Orléans). Assurément l'année 1886 donnerait des chiffres plus élevés.

Le prix des transports sur la Seine calculé correctement, et de la même manière que celui des chemins de fer, fournit donc l'*argument décisif* demandé par M. de Nordling.

Je me trompe ; dans ses calculs, M. Baum a complètement négligé l'intérêt des subventions et les garanties d'intérêt payées par l'Etat aux Compagnies de chemins de fer. La comparaison est donc encore plus avantageuse pour la navigation de la Seine que ne l'indiquent les chiffres ci-dessus.

Il y a mieux, certains transports se font sur la Seine à un prix inférieur à celui *de la tonne en plus* de M. de Nordling.

Dans ce prix de la tonne en plus on ne compte que les frais d'exploitation, je dirais presque les frais de traction, indépendamment des dépenses de premier établissement : il faut donc le comparer, comme l'a d'ailleurs fait M. de Nordling, au fret payé aux entrepreneurs de batellerie.

Or, on transporte actuellement des pyrites de Montargis à Lille, moyennant 0,009 *fr* par tonne et par kilomètre, et de Paris à Rouen moyennant 0,010 *fr* par tonne et par kilomètre. De Nemours à Rouen, on transporte du sable de verrerie provenant de la forêt de Fontainebleau pour 3 francs à 3,50 *fr* la tonne, à la distance de 330 *km*, c'est-à-dire à environ 0,01 *fr*, et ces transports ont une importance appréciable, car en 1886 on a transporté 19 879 tonnes de ce sable. C'est plus que le tonnage de beaucoup de voies navigables secondaires et peut-être plus que le trafic de quelques chemins de fer. C'est un trafic d'exportation, car sur 19 879 tonnes, 4 000 seulement ont été employées par les verreries de la Seine-Inférieure, et 15 000 tonnes ont été exportées en Angleterre, Suède, Norvège, et jusqu'en Grèce et aux Iles du Cap-Vert.

Quant au procédé de calcul admis par M. Picard, qui prend la moyenne de toutes les voies navigables, il est à peine besoin de dire qu'il est incorrect et inadmissible. On ne peut prendre de moyennes qu'entre des quantités semblables. Qu'y a-t-il de plus dissemblable que la navigation entre Paris et Douai, Rouen, Strasbourg ou Lyon, et la navigation sur l'Allier, la Garonne, l'Isère, la Loire, le Lot, le Tarn... etc. ?

M. Picard, en confondant dans sa moyenne ces dernières rivières *à peine navigables* et *par conséquent* sans trafic, ne pouvait arriver par ce calcul incorrect qu'à une conclusion tout à fait erronée, et c'est ainsi qu'il conclut (page 349 de son premier volume, paragraphe *f*) : « Les

» prix des transports par eau dépassent le double de ceux des transports » par rails. »

Malgré l'autorité de M. Picard, il est impossible d'accepter cette conclusion, et si on étudie attentivement tous les documents qu'il a compilés fort utilement, il en ressort une conclusion très nette, que je formulerai comme il suit :

Les voies navigables qui sont restées dans l'état où elles se trouvaient antérieurement à la construction des chemins de fer ne peuvent presque plus être utilisées aujourd'hui, car les prix de transports y sont supérieurs à ceux des chemins de fer, malgré *ou plutôt à cause de* l'insuffisance des dépenses de premier établissement qui y ont été faites.

Mais les voies navigables sur lesquelles on a fait des dépenses de premier établissement suffisantes pour les mettre à la hauteur des besoins de l'industrie moderne, par exemple la Seine, la Saône, les lignes de Paris vers le Nord et l'Est, etc., permettent de faire des transports à un prix de revient très inférieur à celui des chemins de fer. Les dépenses faites par l'Etat sur ces voies navigables ont été éminemment rémunératrices, sinon pour le budget, du moins pour le pays, lorsqu'elles ont été suffisantes pour mettre la voie dans les conditions de la loi du 5 août 1879. Il est vrai qu'il y en a encore bien peu dans ce cas.

Veuillez agréer, monsieur le Président,... Auguste Boulé.

M. le Président a le plaisir d'informer la Société que M. Recopé a été promu officier de la Légion d'honneur et non pas nommé chevalier comme le porte, par erreur, le procès-verbal de la séance du 7 octobre.

M. Charles Lucas a écrit à M. le Président au sujet du compte rendu du congrès de Bordeaux présenté à la séance du 7 octobre.

M. Lucas demande que les rapporteurs des autres congrès veuillent bien toujours transcrire textuellement les vœux émis dans ces congrès, tout en conservant toute latitude de grouper, analyser et apprécier ces vœux.

Après ces rectifications, le procès-verbal de la séance du 7 octobre est adopté.

M. le Président demande s'il y a des observations sur le procès-verbal de la séance du 21 octobre.

M. Cornuault. — Monsieur le Président, voulez-vous me donner la parole, non pas pour une rectification au procès-verbal du 21 octobre, mais pour présenter quelques développements sur la question de l'éclairage des théâtres traitée dans cette séance ?

M. le Président. — J'aimerais mieux que vous ne fissiez pas aujourd'hui de communication supplémentaire, pour ne pas déranger l'ordre du jour qui est très chargé.

Le procès-verbal du 21 octobre, n'ayant donné lieu à aucune observation, est adopté.

M. le Président fait part du décès de M. Pierron, Eugène-Adolphe, constructeur-mécanicien, décédé à Paris, à l'âge de 47 ans. Il était membre de la Société depuis 1883.

M. Jules Barret, membre de la Société depuis 1880, est également décédé; il était ingénieur des Docks de Marseille. Tous connaissent ses travaux sur les appareils hydrauliques pour les manœuvres de ports dont il a fait en France d'importantes applications.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire part des distinctions honorifiques suivantes accordées à des membres de la société :

M. Huguet, Auguste-Adrien, officier de l'ordre de Léopold (Belgique);

M. Delaunay-Belleville, commandeur de l'ordre d'Isabelle-la-Catholique et chevalier de l'ordre de Charles III;

M. Albaret, Auguste, officier du Mérite agricole.

M. LE PRÉSIDENT. — A la suite du décès de notre collègue M. Lavezzari, les fonctions d'architecte sont devenues vacantes, et le Comité, après en avoir délibéré, les a confiées à M. Ferdinand Delmas, notre collègue, qui en a pris possession depuis quelques semaines.

Notre trésorier, M. Hallopeau, a été assez sérieusement malade. Il nous a écrit que la charge de trésorier était bien lourde pour lui, en ce moment, et il a demandé à être aidé dans sa gestion courante. Dans cette circonstance, le Bureau s'est adressé à M. Edouard Simon, notre collègue, qui, avec son obligeance habituelle, a bien voulu accepter de suppléer M. Hallopeau pendant la durée de sa maladie que nous souhaitons aussi courte que possible. M. Hallopeau est maintenant entré en convalescence.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous avons à procéder à l'élection d'un membre du Comité en remplacement de M. Lavezzari.

Pendant qu'on va faire le dépouillement du scrutin, je donne la parole à M. Casalonga pour sa communication sur un bec à gaz à flamme plate papillon et à récupération de chaleur, système Delmas-Azéma.

M. D. A. CASALONGA présente à la Société un nouveau brûleur de gaz qui lui a paru offrir des avantages particuliers.

Ce brûleur a été imaginé par M. Delmas-Azéma, ingénieur-architecte à Saint-Quentin. Il est construit par MM. Giroud et Cie à Paris.

Ce bec est fondé sur le principe de la récupération de la chaleur, prise aux gaz de la combustion, qui est appliqué par divers inventeurs, entre autres par M. Siemens un des premiers. M. Chaussenot en avait lui aussi, dès 1837, tenté déjà une application.

Dans le bec Delmas, l'air frais s'élève par une zone extérieure étroite, jusqu'à une chambre d'où il descend, par une autre zone également étroite, sur la flamme qu'il fixe et réchauffe. Les produits de la combustion s'échappent par une ouverture supérieure ménagée au-dessus du conduit central, et par laquelle se fait l'allumage.

Dans la zone intérieure est inséré un mince plissé métallique qui assure la liaison et l'entretoisement des deux parois qui forment cette zone. Ce plissé consolide l'appareil, en même temps qu'il augmente la surface de chauffe. Il forme des canaux réguliers par lesquels l'air descend uniformément et en jets filiformes, sur la flamme.

Les sections des deux zones extérieure et intérieure et de l'ouverture

centrale par où s'échappent les gaz sont déterminées pour que, étant donné un débit de gaz, il arrive à la flamme un volume d'air convenable. Le tirage est le plus faible possible, ce qui permet à l'air, arrivant en sens contraire du gaz, de rester avec celui-ci le plus longtemps possible et d'en achever la combustion.

Ainsi qu'on peut s'en convaincre en examinant le bec présenté, la flamme est parfaitement tendue et fixe.

Un autre avantage est celui d'une notable économie, jamais moindre de 45 0/0 même dans les becs ne donnant qu'une carcel. — Avec des globes argentés, pour éclairage unilatéral, l'intensité lumineuse est considérablement accrue, ainsi que le montre le tableau des expériences photométriques.

Avec ces mêmes moyens, M. Delmas a construit un type de bec à flammes plates horizontales, parfaitement tendues et donnant un excellent éclairage en dessous. Ce bec peut être incliné sans inconvénient sous un certain angle.

Le bec n° 1, avec une dépense horaire de 84 *l* de gaz, donne 1,33 carcel; et avec un globe argenté 3,25 carcels au lieu de 2,66 carcels que l'on devrait seulement constater d'après les règles de la réflexion. Il y a donc 50 0/0 en plus.

M. Delmas admet que cet accroissement lumineux est dû surtout à l'action des rayons chimiques décomposant en partie l'hydrogène protocarboné du gaz, pour le transformer en bicarbure d'hydrogène.

Peut-être faut-il plutôt en chercher la raison dans l'augmentation de température de la flamme et de l'air ambiant.

Si on compare le coût de l'éclairage au gaz par le bec Delmas, à celui déterminé par le regretté M. Bartet, en 1884, à l'Hôtel de Ville, et estimé à 0,126 *fr* pour 1,83 carcel et par heure, on trouve le rapport $\frac{0,126}{0,058} = 2,17$.

Au moyen des becs Delmas donnant 1,72 carcel, avec 100 *l* de gaz, le prix serait de 0,015 *fr*, tandis que celui d'une lampe électrique de même intensité lumineuse ressort à 0,1187 *fr*, soit 8 fois plus.

On voit que ce nouveau bec pourrait lutter presque avec la lumière obtenue par l'arc voltaïque, et donner même une lumière plus économique que celle que l'on obtient par incandescence électrique en actionnant des dynamos au moyen de moteurs à gaz.

L'avantage en faveur de ce bec serait encore plus grand si on comparait l'éclairage électrique avec des globes argentés.

M. Casalonga dit que l'industrie du gaz n'a guère fait de progrès que depuis une dizaine d'années qu'elle est poussée par la concurrence des applications de l'électricité, mais il n'insistera pas sur ces comparaisons, ni sur celles que l'on pourrait faire avec d'autres becs intensifs à récupération dont quelques-uns sont encore en fonctionnement.

On n'ignore pas qu'à la suite des becs intensifs de M. Siemens, d'autres appareils fondés sur le même principe de la récupération ont été créés et

appliqués, et la marche de certains d'entre eux paraît jusqu'ici assez satisfaisante.

En général, cependant, ces appareils sont d'un prix assez élevé et ne peuvent diviser la lumière au même degré que le bec Delmas-Azéma. Pour ce qui est, d'ailleurs, de leur rendement, de leur entretien, de leur durée, le mieux est d'attendre les résultats d'une assez longue application.

M. Ellissen. — Il y a des considérations sur lesquelles je ne m'arrêterai pas. On a dit, par exemple, que le gaz n'avait pas fait de progrès. On présente un bec à récupération de chaleur : je crois qu'on peut demander, à ce sujet, quelques renseignements.

Ce système n'est pas nouveau. M. Siemens l'a appliqué, et, depuis qu'il a été présenté à la Société par M. Cornuault, ce bec a été employé par centaines.

On a parlé de la fixité de la flamme : je remarque que la flamme a, au contraire, ici, une grande instabilité, qui serait encore plus considérable à l'air. D'un autre côté, il a été parlé des avantages de ce bec ; mais il n'a pas été parlé des autres becs : Cromartie, Lehmann, etc., j'en citerais une centaine si vous vouliez. Je demanderai quel est l'avantage du bec Delmas-Azéma sur les autres? Le pouvoir éclairant qu'on a cité est supérieur à celui que nous avons constaté sur ce brûleur. L'instabilité de la flamme de ce bec est grande, et il est coûteux. M. Ellissen désire savoir combien coûte un bec Delmas-Azéma?

M. Casalonga.—Cela dépend du numéro ; il y a les numéros 1, 2 et 3; le prix varie de 20 à 30 francs.

Je n'ai pas parlé des becs Cromartie et autres, qui donnent 4 à 5 carcels, tandis que ce bec donne 1,35 carcel.

M. Ellissen. — Il y a des becs Cromartie qui, pour une dépense de 50 litres, donnent une carcel, tandis que les becs Delmas doivent dépenser 150 litres, sans être plus intensifs. Le prix des premiers ne dépasse pas une vingtaine de francs ; ils sont élégants. De plus, les becs Cromartie, au point de vue de la fixité de la lumière, ne sont pas comparables à ce que nous voyons devant nous.

M. Casalonga conserve quelques doutes sur la consommation de 50 litres par carcel et par heure pour le bec Cromartie d'une carcel. D'ailleurs, il désire que sa communication amène devant la Société les autres becs qui n'ont pas été présentés.

M. le Président. — Je remercie M. Casalonga de sa communication, et aussi d'avoir fait installer sous vos yeux le modèle du bec de gaz dont il vient d'entretenir la Société. Les considérations générales qu'il a avancées ne manqueront pas d'amener des réponses de la part des membres qui s'occupent de l'éclairage au gaz. Si M. Ellissen veut bien présenter des documents sur cette question, nous ouvrirons une discussion dans une prochaine séance.

M. le Président fait connaître les résultats du scrutin ouvert pour la

nomination d'un membre du Comité : M. Badois est élu membre du Comité jusqu'à la fin de l'exercice courant.

Nous avons maintenant à entendre la communication de M. Emmanuel Farcot sur l'application de la ventilation mécanique à air humidifié dans les filatures.

M. E. Farcot. — Les questions relatives à l'application de la ventilation mécanique à air humidifié dans les filatures, doivent être envisagées avec le double point de vue de répondre aux nécessités de la fabrication des produits textiles et aux nécessités de l'hygiène des ouvriers qui travaillent dans les filatures.

1°. *Au point de vue de la fabrication.* — Il y a une importance considérable à maintenir dans les salles de filatures une atmosphère à une température déterminée et régulière avec un degré d'humidité constant déterminé par la nature du travail textile à produire.

Dans les anciennes filatures, dans lesquelles on emploie encore les procédés de ventilation naturelle au moyen des ouvertures des fenêtres et des cheminées d'appel, la fabrication des produits textiles est influencée par les variations atmosphériques et par les changements de saisons. Au point de vue commercial, il y a une différence de production en quantité et en qualité de marchandises fabriquées, qui peut varier de 10 à 15 %, suivant l'état hygrométrique et la température de l'air renfermé dans les salles de filature.

Quand on emploie les procédés de ventilation mécanique avec air humidifié, il est facile d'entretenir dans les salles de filature un état atmosphérique au degré de température et au degré hygrométrique les plus convenables pour les nécessités de la fabrication pendant toutes les saisons de l'année.

Il en résulte que la production de matière fabriquée est régulière aussi bien en quantité qu'en qualité, et qu'elle atteint toujours son maximum, quelles que soient les variations de l'état atmosphérique en dehors de la filature.

Si la production annuelle de matière fabriquée atteint le chiffre de 500 000 francs, ce qui est un chiffre très ordinaire pour une filature, la différence de production annuelle pourra atteindre les chiffres de 50 000 à 75 000 francs, suivant le procédé de ventilation employé.

Il y a donc pour les filateurs un intérêt considérable, au point de vue commercial, à connaître les meilleurs procédés à employer pour faire l'application de la ventilation mécanique à air humidifié dans leur filature.

Pour être à même d'apprécier la valeur pratique des procédés à employer pour obtenir la solution du problème, il est nécessaire de bien préciser les conditions du programme à remplir.

Il est reconnu par tous les filateurs qu'il est nécessaire d'éviter les variations brusques de température et de degré hygrométrique dans les salles de filature, afin d'éviter les causes de raccourcissement des fils et leur rupture, qui occasionne des déchets de fabrication.

En outre, dans toute filature, un poids donné de matière écrue doit rendre un autre poids de fil de longueur donnée ; lorsque le fil se raccourcit par un excès de température, son poids augmente au détriment du fabricant, l'épaisseur du fil varie et la marchandise n'est pas uniforme.

De même, pour la fabrication des tissus de laine, il est nécessaire d'entretenir l'air de la salle à un point de saturation assez élevé pour faciliter le frottement des fibres textiles dans leur passage à travers les bancs étireurs.

Quand l'air est humide, les fibres sont plus souples, les fils se cassent moins souvent, et on dépense beaucoup moins de force motrice pour faire mouvoir les métiers de filature.

Dans la fabrication des tissus en chaîne simple, il est nécessaire d'employer un enduit de colle, pour donner au fil trop mince la force et la rigidité voulue pour soutenir la tension et le maniement de la chaîne. Si l'air de la salle est trop sec, le fil paré de colle se casse. Si l'air est trop humide, la colle se ramollit ; le fil laissé à sa propre résistance est trop faible, et il se casse par suite de l'excès de l'humidité de l'air de la salle.

On voit donc, par ces exemples, l'importance de la régularité dans les conditions de température et de degré hygrométrique.

2°. *Au point de vue des conditions à remplir pour la solution du problème de la ventilation mécanique, en tenant compte de l'hygiène des ouvriers.* — Il est nécessaire de considérer la gravité des conséquences du séjour des ouvriers dans les salles remplies d'air tiède et humide, qui est rapidement vicié par les émanations des matières organiques en fermentation.

Il est impossible de nier l'influence de ces causes sur l'état physique des ouvriers qui travaillent dans les filatures, car on a constaté qu'aux époques de recrutement pour le service militaire, le nombre des jeunes gens rebutés pour cause de mauvaise constitution est beaucoup plus considérable dans les villes de filature que dans les autres villes industrielles, où le travail manuel est beaucoup plus pénible, mais où les ouvriers respirent un air moins vicié.

Si l'on admettait les chiffres indiqués par le général Morin dans son *traité de ventilation* publié en 1863, il faudrait compter sur 20 mètres cubes d'air, par heure et par ouvrier, à renouveler dans les salles de filature.

Il y a lieu de tenir compte des circonstances particulières dues à la disposition des salles plus ou moins exposées à l'action du froid ou de la chaleur du soleil, agissant sur les toitures ou sur les vitrages.

Dans les ateliers de filature et de tissage, les ouvriers n'ont pas de grands efforts manuels à produire, et il est nécessaire de chauffer les salles en hiver et de rafraîchir l'air en été, car l'excès de chaleur humide énerve les ouvriers plus que l'excès de chaleur sèche combiné avec la ventilation.

Les ouvriers produisent plus de travail, avec le même outillage, quand les ateliers sont bien ventilés et qu'ils ne sont pas trop énervés; il y a

un intérêt, même au point de vue commercial, à appliquer les procédés de ventilation.

Dans la plupart des anciennes filatures, on s'est contenté de chercher la solution relative aux nécessités de la fabrication en humidifiant l'air des salles au moyen d'une série de jets de vapeur lancés à la température de 100 degrés.

Ce procédé, presque barbare, présente le grave inconvénient d'augmenter la température de l'air d'une manière exagérée sans aucune nécessité, car il est reconnu par les filateurs que la température de l'air, la plus convenable pour un bon travail, ne doit pas dépasser 25 degrés.

Le degré hygrométrique de l'air contenu dans la salle ne devra jamais dépasser le point maximum correspondant au degré de l'hygromètre à cette température, quelle que soit la quantité de vapeur d'eau introduite dans la salle à 100 degrés de chaleur.

Chaque kilogramme de vapeur condensée représente 625 calories introduites inutilement dans la salle, ce que l'on peut éviter facilement par l'emploi des procédés de ventilation mécanique combinés avec l'emploi de vapeur d'eau ou de poussières d'eau à la température de 25 degrés qui permettent d'obtenir le même degré de saturation hygrométrique à cette température.

Le procédé d'humidification par jets de vapeur, qui est encore très répandu dans la plupart des anciennes filatures, doit donc être rejeté, et il n'est admissible que quand il est utilisé en même temps comme moyen de chauffage de l'air des salles; mais, en été, il expose les ouvriers à une chaleur intolérable, et il est contraire aux nécessités de la fabrication.

En outre, il y a de nombreux inconvénients dus à la condensation de la vapeur sur les parties métalliques des métiers, ce qui gêne les ouvriers et occasionne la rouille des surfaces non graissées.

Les filateurs ont donc recherché depuis longtemps d'autres procédés d'humidification basés sur le contact de l'air avec des grandes surfaces d'eaux froides ou chaudes, suivant les saisons. On a employé des jets d'eau plus ou moins capillaires pour réduire l'eau à l'état de poussière et on a cherché à combiner l'emploi de ces divers systèmes d'appareils avec des ventilateurs de différentes dimensions.

C'est en Alsace que l'on a commencé les premiers essais d'application de ventilation mécanique avec air humidifié, il y a une dizaine d'années environ.

Les premiers essais ont été faits avec des ventilateurs de trop petites dimensions, que l'on faisait tourner avec de grandes vitesses pour leur faire débiter des volumes d'air exagérés aux dépens d'une grande perte de puissance motrice.

On employait des conduites de vent trop petites, ce qui donnait des pertes de charge d'écoulement considérables.

On a reconnu l'insuffisance de ces moyens de ventilation et la nécessité

d'employer des appareils beaucoup plus puissants qui prenaient moins de force motrice en distribuant l'air par des conduites de vent à grandes sections pour réduire la vitesse d'écoulement.

La grave question des courants d'air produits par la ventilation a été entièrement résolue par la disposition des canaux de distribution de vent dans les parties supérieures des salles avec des branchements secondaires disposés de manière à répartir uniformément l'air refoulé par le ventilateur dans une série de bouches de sortie réglées par des registres.

Ces bouches de sortie étaient disposées de manière à lancer l'air horizontalement dans toutes les parties des salles de filature.

L'expérience a démontré que, dans certaines filatures, il fallait renouveler le volume d'air des salles près de deux fois et demie par heure, surtout au moment des grandes chaleurs d'été.

L'air vicié ayant une tendance à séjourner au niveau du sol, on a disposé autour des salles de filature une série de bouches d'évacuation d'air réglables par des registres ou des soupapes placées de manière à laisser échapper l'air vicié, tout en s'opposant à la rentrée de l'air extérieur.

Les fenêtres des salles ainsi que les portes de service étant fermées hermétiquement, le volume d'air refoulé par le ventilateur a constitué une pression un peu supérieure à la pression atmosphérique dans l'intérieur de la salle, en forçant l'air vicié à s'échapper par les issues et les fissures des portes de service et des portes des cabinets d'aisances, ce qui a procuré un grand soulagement au point de vue hygiénique.

La réussite industrielle de ce système de ventilation a été complète à tous les points de vue dans plusieurs filatures de l'Alsace.

On a employé comme moyen d'humidification de l'air aspiré et refoulé par le ventilateur, le procédé des chambres à fascines ou à claies superposées, avec chutes d'eau successives formant une série de cascades ayant pour objet de faire circuler l'air en contact avec de grandes surfaces d'eau très divisées.

Les procédés d'humidification peuvent varier d'une infinité de manières, mais à la condition de ne pas augmenter la force motrice dépensée au delà de ce qui est strictement nécessaire pour les besoins de la ventilation mécanique.

En partant du point de départ, basé sur les calculs mathématiques et confirmé par la pratique, que chaque mètre cube d'air débité par seconde sous la pression ou la dépression de 1 millimètre d'eau, n'exige qu'une dépense de travail moteur théorique de 1 *kgm*, on peut se rendre compte de la force motrice à dépenser pour la ventilation mécanique des plus grandes salles de filatures ayant des capacités de 15 000 à 20 000 m^3, ce qui n'est pas rare.

Si on admet qu'il faille débiter 5 m^3 ou 10 m^3 par seconde, ce qui représente un volume de 18 000 à 36 000 m^3 d'air par heure, il suffira de dépenser une force motrice de 5 kilogrammètres ou de 10 kilogrammètres

théoriques par chaque millimètre de pression ou de dépression à vaincre par le ventilateur et les canaux de distribution de vent.

En pratique, on peut admettre une charge d'écoulement, mesurée par une colonne de 20 millimètres d'eau au manomètre.

Il faudra donc dépenser une force motrice théorique de 5 $m^3 \times 20$ millimètres $= 100$ *kgm* ou de 10 $m^3 \times 20$ *mm* $= 200$ *kgm* théoriques pour fournir des volumes de 18000 et 36000 m^3 d'air par heure, dans une salle de filature.

En pratique, il y a lieu de doubler ces chiffres ; mais en admettant même les chiffres doubles de 200 et 400 *kgm* ou environ 3 chevaux ou six chevaux-vapeur, on ne sort pas des limites de la pratique ordinaire des procédés industriels.

Pour arriver aux résultats indiqués ci-dessus, il est nécessaire d'employer des canaux de distribution de vent avec des sections suffisantes pour ne pas avoir des vitesses d'écoulement supérieures à 6 et 10 *m* par seconde, afin de ne pas augmenter la résistance à vaincre par le ventilateur.

C'est en suivant les principes d'application indiqués précédemment, que l'on est arrivé à obtenir des résultats pratiques tout à fait satisfaisants dans plusieurs filatures de l'Alsace et de la France.

Une des dernières applications, qui a été faite tout récemment dans la filature de MM. B. Walbaum père et fils, et Charles Desmarets, à Reims, a permis de constater de nouveau la réalité des principes d'application que l'on vient d'exposer.

Il s'agissait de ventiler des salles de filature de laine représentant ensemble une capacité de 14 680 m^3 d'air.

La question principale qui préoccupait les filateurs était d'envoyer de l'air humidifié dans les salles de filature sans gêner les conditions du travail des ouvriers et sans produire aucun encombrement par l'emploi d'appareils exigeant de grands emplacements.

On disposait de la facilité de prendre de l'air déjà humidifié provenant d'un appareil à refroidir l'eau de condensation des machines à vapeur.

Par mesure de prévoyance, MM. Walbaum ont jugé convenable de joindre une chambre d'humidification à claies superposées et chutes d'eau successives ayant les dimensions de 1,50 $m \times 1{,}50$, sur une hauteur de fascines ou de claies superposées de 2,80 *m*.

Par suite de circonstances locales tout à fait particulières, la place disponible pour le ventilateur était située à une distance de plus de 80 *m* de la chambre d'humidification, et il fallait refouler l'air à une distance de 70 *m* environ de la place où se trouvait le ventilateur en passant par des canaux de distribution et des branchements secondaires plus ou moins éloignés du ventilateur.

MM. Walbaum ont exprimé le désir de ne renouveler le volume de leurs salles de filature qu'une seule fois par heure, ce qui représentait un débit de 4 m^3 d'air par seconde environ.

Les canaux d'aspiration d'air aboutissant au ventilateur ont été calculés de manière à ne pas dépasser les vitesses de 8 à 10 *m* par seconde ; ils avaient des diamètres de 0,80 *m*, soit une section de 0,50 m^2.

Les conduites de refoulement avaient 0,70 *m* de diamètre, de sorte que les vitesses d'écoulement dans les conduites de vent n'ont pas dépassé sensiblement 10 *m* par seconde, et on a pu, avec un ventilateur de faible dimension ayant une turbine de 1 *m* de diamètre et des œillards de 0,50 *m*, fournir le volume de 4 m^3 par seconde qui était demandé.

Les résultats obtenus par l'emploi de l'ensemble des dispositions adoptées ont été constatés par MM. Walbaum dans un rapport qu'ils ont établi en témoignant leur entière satisfaction.

Voici les conclusions du rapport dressé par MM. Walbaum au sujet des expériences faites au 27 août 1887 :

« Il faut deux heures le matin pour porter le degré hygrométrique de » tous les ateliers ventilés de 60 à 80, soit une élévation de 20 degrés.

» La température des ateliers n'a jamais dépassé de 28 à 30 degrés » centigrades, ce qui constitue un abaissement d'environ 8 degrés de » température sur les années précédentes.

» On a toujours pu maintenir le degré hygrométrique entre 80 et » 85 degrés, sauf pendant cinq à six jours très chauds, pendant lesquels » il a régné un vent très sec et où on n'a pu dépasser 75 degrés hygro- » métriques.

» L'air, ces jours-là, n'arrivait au ventilateur qu'à 90 degrés d'humi- » dité, tandis qu'il arrive ordinairement à 96 degrés.

» Voici aujourd'hui dans quelles conditions nous marchons :

» L'air extérieur est à 71 degrés de l'hygromètre et à la température » de 28 degrés centigrades.

» Il arrive au ventilateur à 95 degrés hygrométriques et à 28 degrés » centigrades.

» Dans les différents ateliers de filature, il arrive à 83 et 86 degrés » hygrométriques et à 28 à 30 degrés centigrades.

» Le ventilateur tourne à la vitesse de 620 tours par minute ; il amène » de l'air à une température de 26 à 28 degrés centigrades et à 96 et » 97 degrés de l'hygromètre.

» La pression de l'air mesurée au manomètre à eau, aux différents » points suivants, est de :

» — 2 millimètres à la base de la caisse à humidifier ;

» — 18 millimètres en haut ;

» — 25 millimètres dans la caisse d'aspiration des ventilateurs.

» Dans le tuyau de refoulement de 0,70 *m*, partant du ventilateur, on » a constaté une pression de 10 millimètres, l'air étant lancé avec » grande vitesse dans la conduite, ce qui diminue d'autant la pression » manométrique apparente.

» En somme, cette installation réalise bien les conditions que nous

» attendions et j'estime que le rendement pourra être encore amélioré.
» Elle fonctionne d'ailleurs à notre satisfaction. »

Il résulte des conclusions de ce rapport que les résultats ont été concordants avec ceux que l'on avait obtenus en Alsace en employant les mêmes procédés de ventilation avec des grandes sections de canaux de distribution de vent, ce qui a permis de réduire l'emploi de la force motrice dépensée à un chiffre très minime qui n'a pu être apprécié, mais qui n'a pas augmenté sensiblement la force dépensée par la machine motrice de l'usine, ainsi que MM. Walbaum ont pu le constater par eux-mêmes.

L'emploi des procédés de ventilation mécanique par l'action d'un ventilateur ayant les dimensions suffisantes pour n'exiger qu'une faible vitesse de circulation de l'air à travers l'intérieur de l'appareil, permet de réduire la force motrice dépensée par les procédés de ventilation mécanique à un point minimum.

En combinant l'emploi de ce ventilateur avec l'emploi des appareils à humidification usités dans les brasseries et les malteries, et dont l'action est basée sur le contact de grandes surfaces de poussière d'eau avec l'air refoulé par le ventilateur, on pourra réaliser les conditions pratiques les plus simples pour l'application de la ventilation mécanique à air humidifié dans les filatures, ainsi que le démontre le nouvel exemple d'application qui a été fait dans la filature de MM. Walbaum avec un véritable succès.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. E. Farcot de son important travail, et je le félicite des résultats qu'il a obtenus dans la filature de MM. Walbaum, tant pour le soulagement des ouvriers que pour l'amélioration de la fabrication.

L'ordre du jour appelle la communication sommaire, par M. Piarron de Mondesir, de son travail sur la force.

M. PIARRON DE MONDESIR. — Messieurs et chers Collègues,

J'ai présenté à la Société un travail sur la Force.

Comme il doit paraître dans le Bulletin, je n'ai point l'intention de vous le lire ici *in extenso*. Ce serait abuser de vos moments. Ceux d'entre vous qui s'intéressent à la mécanique rationnelle pourront le consulter à tête reposée.

Avant tout, je crois devoir remercier le Comité et notre Président pour la marque de confiance qu'ils ont bien voulu me donner à cette occasion.

Je me propose simplement de vous lire les quelques lignes de mon introduction, et de vous donner un résumé succinct de mon travail.

Quand on lit, avec toute l'attention qu'il mérite, le discours préliminaire que d'Alembert a placé en tête de la nouvelle édition de son *Traité de dynamique*, édition qui date de 1751, on reste frappé de l'incertitude qui régnait alors dans les esprits sur la notion de la Force.

D'Alembert nous apprend que de son temps, la question de savoir si la force, possédée par les corps en mouvement, était proportionnelle

au produit de la masse par la vitesse, ou bien au produit de la masse par le carré de la vitesse, partageait les géomètres depuis trente ans.

Lui-même a, pour ainsi dire, horreur des *forces* et *des causes motrices*. « C'est, dit-il, de l'idée seule du mouvement, qu'on doit tirer tous » les principes de la mécanique, quand on veut les démontrer d'une » manière nette et précise ; ainsi on ne sera pas surpris qu'en consé- » quence de cette réflexion, j'ai pour ainsi dire détourné la vue de » dessus les *causes motrices*, pour n'envisager uniquement que les mou- » vements qu'elles produisent, que j'ai entièrement proscrit les *forces* » inhérentes aux corps en mouvement, êtres obscurs et métaphysiques, » qui ne sont capables que de répandre les ténèbres sur une science » claire par elle-même. »

Il est à remarquer, du reste, que dans la définition du principe qui porte son nom, d'Alembert ne se sert pas du mot *force*, mais seulement du terme *mouvement*.

En s'attachant à la considération du mouvement, et en laissant de côté celle de la force, d'Alembert était incontestablement en avance sur les mécaniciens de son temps. S'il eût connu la notion du *travail mécanique*, il s'y serait certainement attaché, de préférence à celle du mouvement ; et sous l'impulsion de ce génie philosophique, la science de la mécanique eut fait sans doute de grands progrès, tandis qu'elle est restée à peu près stationnaire depuis plus d'un siècle.

On voit que la Force était pour d'Alembert une sorte de *Sphinx* dont il détourne la vue, et dont il ne cherche point à deviner l'énigme.

Cette énigme est expliquée en partie aujourd'hui, mais elle ne l'est pas encore complètement.

Voici mon programme exposé.

Jusqu'ici les mécaniciens de l'ordre théorique n'ont considéré que la force qui actionne.

C'est ce que je me propose de faire voir dans cette étude : une masse *constante* en mouvement.

Comme vous le savez tous, cette force est exprimée par la formule :

$$(a) \quad F = M \frac{dV}{dt},$$

M étant la masse constante en mouvement et V la vitesse variable, au bout du temps t.

Quelle est donc la force qui actionne le mouvement d'une chaîne homogène dont la masse varie pendant le mouvement, ainsi que la vitesse?

Cette force n'est plus simplement $M \frac{dV}{dt}$, elle est :

$$(b) \quad M \frac{dV}{dt} + V \frac{dM}{dt}.$$

C'est l'expression générale de la force. Elle comporte deux termes, et présente quatre cas.

1° Si M est constant, l'expression se réduit à $M \frac{dV}{dt}$. C'est le cas de tous les mouvements de la mécanique céleste ; c'est le cas de la plupart des mouvements qui se produisent à la surface de notre globe.

2° Si M et V sont variables, comme dans le cas d'une chaîne qui se déploie dans son mouvement, il faudra appliquer à ce mouvement la formule générale (*b*), sous peine de commettre une erreur.

3° Si M est variable et V constant, la force aura pour expression :

$$F = V \frac{dM}{dt}.$$

C'est le cas d'un fluide, liquide ou gazeux, qui s'écoule d'un réservoir ou d'un récipient entretenu à pression constante.

4° Si M et V sont constants tous deux, l'expression de la force conduit à une valeur nulle.

C'est le cas d'une sphère qui roulerait indéfiniment sur un plan horizontal, si le frottement était nul, et si l'air ambiant n'opposait pas de résistance.

C'est également le cas d'un volant parfaitement équilibré, qui tournerait indéfiniment avec la même vitesse, abandonné à lui-même, si on pouvait annuler le frottement de l'axe et la résistance de l'air ambiant.

Je considère successivement ces quatre cas dans mon mémoire.

Pour le premier cas, où toutes les masses en mouvement sont constantes, je vais voir que la loi du mouvement se déduit également, et du principe de d'Alembert, et de l'équation de Lagrange et du grand principe moderne : *Le travail se transforme et ne s'anéantit pas.*

Pour le second cas, où toutes les masses en mouvement sont variables, ou seulement une partie d'entre elles, je vais voir que le principe de d'Alembert reste applicable, tandis que l'équation de Lagrange cesse de l'être.

Cette célèbre équation, à laquelle son auteur a donné le nom pompeux d'*équation générale de la mécanique*, n'est donc pas aussi générale que le principe de d'Alembert.

Je vais voir, en outre, que l'application du principe moderne, au second cas, donne les mêmes résultats que le principe de d'Alembert, mais avec des simplifications remarquables.

Le problème de deux chaînes homogènes qui s'entraînent, au moyen d'une poulie, comme le feraient deux poids, problème insoluble par l'équation de Lagrange, ne peut être résolu que par le principe de d'Alembert ou le principe moderne.

La solution que je donne de ce problème, entièrement nouveau, met en évidence la supériorité incontestable du principe moderne.

En ce qui concerne le troisième cas, je vais voir que la force $V \cdot \frac{dM}{dt}$, appliquée à l'écoulement des fluides liquides ou gazeux, a

pour valeur m V, c'est-à-dire le produit de la vitesse constante V par la masse m de fluide qui s'écoule pendant une seconde.

Ceci a été contesté, et notamment en 1868, par M. Callon, l'un des anciens présidents de notre Société.

L'expression mV est considérée par plusieurs auteurs comme une quantité du mouvement et non comme une force.

Vous pourrez voir dans mon mémoire une discussion assez étendue sur ce point important, qui apparaît comme une nouveauté dans la science de la mécanique.

Je serais désireux de voir une nouvelle discussion s'engager dans cette enceinte.

En traitant le quatrième cas, où la force est nulle, je vois une application du principe moderne à la détermination du rayon de giration d'un volant de machine motrice. C'est un problème qui touche à la mécanique appliquée, et qui, sous ce rapport, pourra sans doute vous intéresser.

Je démontre ensuite la loi de la double pression pour les liquides et les gaz, laquelle consiste en ce que la vitesse d'écoulement d'un liquide ou d'un gaz, qui sort d'un réservoir ou d'un récipient entretenu à pression constante, est due à une pression double de celle du réservoir ou du récipient. C'est cette loi, admise et vérifiée pour les liquides, mais non encore admise pour les gaz et vapeurs, qui permet d'expliquer le jeu des injecteurs d'air et de vapeur d'eau, et de se rendre compte des terribles effets produits par la rupture des chaudières à vapeur.

Je termine par une application du principe de d'Alembert à la détermination de la force centrifuge. C'est une démonstration nouvelle.

J'avais d'abord destiné cette étude à l'Académie des sciences, et je l'ai soumise à cet effet à l'un des savants les plus renommés de cette compagnie. Mais ce savant n'admet pas la force V $\frac{dM}{dt}$, et j'ai dû me retirer devant une opposition aussi absolue que peu justifiée. Je me suis alors décidé à la présenter à la Société des Ingénieurs civils, bien qu'elle ne rentre pas précisément dans le cadre de ses travaux habituels, par la raison que j'étais certain de trouver dans cette enceinte un esprit libéral qui provoque la discussion au lieu de l'étouffer.

M. Bertrand de Fontviolant prie M. de Mondesir de vouloir bien éclaircir un point sur lequel sa savante communication peut laisser quelques doutes.

La nouvelle formule de définition que M. de Mondesir donne de la force $\left(F = M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt}\right)$ paraît ne s'appliquer que dans un cas particulier, celui où le mouvement est de *translation*. On peut, dès lors, se demander si ce n'est pas se créer de sérieuses difficultés que de chercher à définir la force qui agit à chaque instant sur un corps dont la masse varie pendant le mouvement? N'est-il pas plus simple de conserver l'ancienne formule $f = m\,j$, admise aujourd'hui dans tous les traités de mécanique,

formule qui est donnée non pas pour un corps, mais bien pour un seul point matériel ?

En se tenant à ce point de vue, il n'y a plus, dans la définition de la force, à considérer la masse comme étant variable, puisque, pour le point matériel, cet élément est essentiellement constant, et il est toujours possible d'étudier le mouvement d'un système quelconque, — de masse totale constante ou variable, — soit par l'application directe du principe de d'Alembert, soit au moyen d'un des théorèmes généraux qui en découlent. Il est, en particulier, facile de déduire la formule de M. de Mondesir, du théorème de la variation de la quantité de mouvement et des impulsions projetées, dans le cas où le mouvement est de translation.

M. Piarron de Mondesir. — J'examinerai ce que vient de dire M. Bertrand de Fontviolant et j'y répondrai.

M. le Président. — Vous lirez dans le Bulletin du mois de septembre le travail *in extenso* de M. Piarron de Mondesir.

M. Piarron de Mondesir vous disait, Messieurs, que ses travaux ne rentraient pas dans le cadre habituel de nos études; mais je crois que, de temps en temps, il est bon de traiter ici des questions de science pure. Nous en faisons dans la pratique de notre art des applications journalières.

La parole est à M. Cerbelaud pour sa communication sur le Congrès international des chemins de fer (2e session) Milan, 1887.

M. Cerbelaud présente un compte rendu sommaire du *Congrès international des Chemins de fer*, qui a eu lieu à Milan, du 17 au 24 septembre dernier.

La première session de ce Congrès avait eu lieu à Bruxelles en 1885. Cette fois, 186 Gouvernements et Administrations de chemins de fer avaient envoyé à Milan 372 délégués. Des fêtes somptueuses et de magnifiques excursions ont marqué cette session où la délégation française a particulièrement été l'objet des attentions les plus flatteuses. Le Congrès a élu pour président d'honneur M. le Ministre des travaux publics d'Italie et pour président M. le sénateur Brioschi, délégué du gouvernement italien. Parmi les vice-présidents, il faut citer M. Léon Say qui a été, dans toutes ces circonstances, l'orateur le plus autorisé du Congrès.

Le Congrès avait à examiner trente-deux questions ayant rapport à la *voie et aux travaux*, à la *traction et au matériel*, à *l'exploitation*, aux affaires d'ordre général et aux *chemins de fer secondaires*. Il s'est partagé, pour les étudier, en cinq sections correspondant aux divisions ci-dessus. Il a donné sur chacune d'elles son avis motivé. (On en trouvera le détail dans le mémoire.)

M. Cerbelaud se borne à dire, en quelques mots, quelles ont été les solutions indiquées sur les principales questions.

On a recommandé la continuation des essais des *traverses métalliques*, en donnant des indications qui confirment pleinement l'opinion émise à cet égard devant la Société par M. Contamin. — On a recommandé l'emploi de l'acier doux dans la construction des *ponts métalliques* à grande

ouverture. — Une série de mesures d'économie ont été indiquées pour l'*entretien des voies*; on a posé les principes d'établissement des *voies très fatiguées*.

On a discuté le système des équipes simples et du roulement *banal* pour la *conduite des locomotives*, et diverses conditions de construction à réaliser dans le *matériel à voyageurs* et les *locomotives*. On a reconnu la nécessité de maintenir et d'étendre le système des *primes* au personnel pour l'économie et la régularité du service, et l'on a passé en revue les progrès réalisés dans les *freins continus*, l'*éclairage* et le *chauffage des trains*.

La section d'exploitation a indiqué les mesures à prendre pour réaliser un *contrôle* certain des voyageurs, et s'est prononcée en faveur de l'admission des voyageurs de 3e classe dans les *trains express*. Elle a posé les règles à suivre pour réaliser le plus économiquement possible le transport des *marchandises* par *wagons complets* et *à charges incomplètes*, ainsi que les économies de diverses natures à réaliser dans l'exploitation des *lignes à faible trafic*. La question des manœuvres de gare a rencontré un avis unanime en faveur du *triage par la gravité*, et celle de l'*éclairage* a entendu les avis des partisans du gaz et de l'électricité.

Les grandes questions touchant à l'économie politique ont été traitées par la 4e section qui a eu à donner son avis sur le recrutement du *personnel*, les *institutions de prévoyance*, les *impôts et taxes*. Elle s'est prononcée en faveur de l'extension de l'emploi des femmes, de la diminution ou de la suppression des impôts qui frappent les transports, et a prescrit une enquête approfondie sur le régime des institutions de prévoyance.

Enfin les questions relatives aux *chemins de fer secondaires* ont donné lieu à des discussions intéressantes, en raison de l'importance actuelle de ces utiles affluents de transport. Plusieurs de nos collègues, — entre autres MM. Level et Cossmann, — ont pris une part importante à ces discussions.

Avant de se séparer, le Congrès a décidé, à l'unanimité, de fixer à Paris le siège de la 3e session qui s'ouvrira en 1889.

M. Cerbelaud constate, en terminant, que nos collègues étaient nombreux à Milan ; 41 membres de la Société faisaient partie de la liste des délégués.

M. le Président. — M. Polonceau, qui a assisté au Congrès, voudra peut-être bien nous en dire quelques mots.

M. Polonceau. — Je voudrais dire seulement, à cause de l'heure très avancée, que la note dominante a été, pendant tout le temps du Congrès, de chercher des solutions économiques : c'est toujours une bonne chose, mais dans le cas présent, c'était la conséquence de la situation industrielle. Quelques personnes ont critiqué à tort des conclusions un peu vagues, mais nous étions forcés de les adopter, parce que les conditions d'exploitation ne sont pas les mêmes dans les différents pays, ni sur les différents réseaux d'un même pays. Ainsi, pour ce qui concerne les traverses, l'emploi des traverses métalliques est justifié en Egypte. Il est même obliga-

toire dans certains autres pays ; mais il ne l'est pas dans ceux où le bois est bon marché et où d'autres considérations ne s'opposent pas à son emploi.

Il en était ainsi pour une foule d'autres questions : pour le graissage, par exemple. Dans les contrées où l'huile minérale est à bas prix, il est évident qu'on l'emploiera de préférence à toute autre matière, tandis que, pour une bonne lubrification, une certaine quantité d'huile de colza est indispensable : tout cela dépend des exploitations locales. Pour les types de matériel roulant, ils dépendent du personnel ouvrier dont on dispose. S'il est très intelligent et capable, comme en Angleterre, en France et en Amérique, on peut avoir un matériel compliqué et des mécanismes délicats, mais si on a du matériel roulant à entretenir dans un pays où l'on a difficilement de bons ouvriers et à des prix très élevés, on est obligé d'adopter des types plus simples et moins perfectionnés. Ce sont ces diverses considérations qui nous ont amenés à proposer dans les diverses sections des conclusions un peu vagues.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. Cerbelaud de son compte rendu si complet, si vivant, si intéressant, et en même temps M. Polonceau de ses renseignements sur la philosophie de la discussion.

Nous avons reçu diverses circulaires de M. Somzée, de Bruxelles, membre de la Société, l'instigateur d'un Concours international de sciences et d'industrie, qui doit se tenir à Bruxelles, en 1888, et pour lequel il a obtenu l'assentiment de S. M. le roi des Belges et de Mgr le comte de Flandre.

M. Somzée nous envoie des extraits indiquant les adhésions qu'il a obtenues et les chances qu'il a de voir son œuvre réussir. J'ai tenu à vous signaler ce concours, pour lequel les Belges attendent la participation des Français, de même que nous attendons la leur pour l'Exposition universelle de 1889.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 18 Novembre 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT. — M. de Nordling a la parole au sujet du procès-verbal.

M. DE NORDLING. — Je n'ai pris aucune part, ni directe, ni indirecte, à la polémique relative aux travaux de la Seine. Cependant, je trouve dans le compte rendu de la dernière séance cette phrase : « Les critiques » de M. de Nordling ne sont donc pas plus *justifiées* pour la *Seine* que

celles de M. Hersent. » Evidemment M. Boulé a voulu dire : Les critiques adressées par M. de Nordling à certaines voies navigables et surtout à certains *canaux projetés*, ne sont donc pas *applicables* à la Seine.

Une pareille conclusion ne m'eût pas effarouché, car je vous ai longuement entretenus, Messieurs, de la situation exceptionnellement prospère de la navigation du Rhin et de l'Elbe et j'y associerais volontiers la Seine, malgré son cours plus sinueux, malgré ses barrages éclusés, malgré la dépense élevée de sa canalisation. Mais en regardant de plus près les chiffres présentés par M. Boulé, je ne trouve rien à modifier à mes conclusions antérieures. Car si, selon M. Boulé, la charge totale supportée par l'Etat et par l'usager réunis s'élève pour chaque tonne kilométrique transportée sur la Seine :

Entre Montereau et Paris à.	3,1 centimes.
Entre Paris et l'Oise.	2,9 —

tout le monde reconnaîtra qu'à ce prix-là les voies de fer parallèles auraient pu avec bénéfice être chargées des transports en question.

Même en laissant de côté la part incombant à l'Etat, on ne sort pas des limites que j'ai précédemment indiquées. M. Boulé donne, en effet, comme preuve de la faible élévation du fret entre Paris et Rouen le chiffre de 1 centime par tonne kilométrique.

C'est exactement le chiffre que je vous avais indiqué pour certains transports sur le Rhin et sur l'Elbe (cahier d'avril 1887, p. 631). Mais comme la distance de Paris à Rouen est, par eau, de 242 *km*, et par rails, de 136 seulement, le fret indiqué par M. Boulé s'élève, au point de vue de la concurrence à $\frac{242}{136} \times 1\,c = 1{,}77\,c$, tandis que le prix de revient que j'ai trouvé pour la tonne en plus ou en moins n'est que de 1 centime (du moins sur les lignes à grand trafic de l'Autriche). Pour moi, l'avantage économique des travaux exécutés sur la Seine n'est donc nullement démontré par M. Boulé, et, comme cet Ingénieur en chef l'indique lui-même, on en est toujours réduit aux espérances d'avenir. Et il ajoute : que ces espérances ne sauraient se réaliser entièrement qu'après l'exécution complète de la loi du 5 août 1879. Voilà cependant plus de huit ans qu'on y travaille à coups de millions! Est-il permis de demander ce qu'on a dépensé jusqu'à ce jour en exécution de ladite loi, quelles sont les voies navigables mises en état pour cet argent et combien il reste à faire?

Je n'ai pas été seul mis en cause. A mon nom, M. Boulé a associé celui de M. Alfred Picard, dont je ne partage pas toutes les opinions, mais dont je suis en train de lire le dernier ouvrage, en admirant alternativement la nouveauté et la richesse des documents produits, la justesse de l'argumentation, la maturité et la modération des conclusions. M. Boulé en dit : « Quant au procédé de calcul admis par M. Picard, il est à peine « besoin de dire qu'il est incorrect et inadmissible. » M. Boulé lui reproche de se servir de la *moyenne* de toutes les voies navigables, sans se sou-

venir, apparemment, que lui-même, quelques lignes plus haut, en a fait autant pour les réseaux de chemins de fer. Mais je n'ai pas de mandat pour défendre ici M. Picard, qui, s'il le juge à propos, le fera beaucoup mieux que moi. Je ne puis que me réjouir d'être attaqué en si bonne compagnie.

Après cette observation, le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Charles Gibault est nommé chevalier de la Légion d'honneur; que M. Jules Garnier a reçu l'Ordre du Mérite agricole, et que M. Périssé, vice-président de la Société, a été, en cette qualité, nommé membre de la Commission centrale des appareils à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que le Ministre des travaux publics continue à avoir égard à la qualité de membre de notre Société, dans la constitution des commissions qui fonctionnent dans son département. M. le Président félicite M. Périssé et prendra soin de remercier M. le Ministre.

M. LE PRÉSIDENT.—L'ordre du jour appelle la communication de M. Horsin-Déon sur les appareils à condensation.

M. HORSIN-DÉON analyse le travail qu'il présente à la Société sous le titre de : « *Etude sur les appareils à condensation.* »

Le but de l'auteur a été d'expliquer les écarts considérables que l'on observe dans les condensations de vapeur lorsqu'on étudie les appareils d'évaporation. En effet, deux expériences anciennes de Thomas et Laurens indiquent une condensation par mètre carré, par heure et par degré de différence de température, de 9,33 *kg* et 8,70 *kg* d'eau. Trois caisses d'un appareil d'évaporation à triple effet donnent pour condensation 3,84 *kg*, 2,85 *kg* et 1,89 *kg*. D'où provient cet écart entre 9,33 *kg* et 1,89 *kg*? C'est ce qui fait l'objet de cette étude.

M. HORSIN-DÉON a remarqué, en observant un grand nombre d'appareils d'évaporation à effets multiples, que les chutes de température qui font bouillir les caisses des appareils étaient inversement proportionnelles au volume spécifique de la vapeur de chauffage de chaque caisse. Il en a déduit alors cette loi générale qui se vérifie dans tous les cas : *La quantité de liquide évaporée sur une surface de chauffe est proportionnelle à la surface de chauffe, à la chute de température, au coefficient d'évaporation propre à cette surface et inversement proportionnelle au volume spécifique de la vapeur de chauffage.*

Partant de là, l'auteur arrive à la formule générale suivante :

$$e = \frac{S\,c\,k\sqrt{2g\,(p-p')}}{v}$$

dans laquelle : e représente la quantité de vapeur condensée dans un appareil de surface S avec une chute de température c dans l'unité de temps; p est la force élastique de la vapeur de chauffage dont le volume spécifique est v, et p' celle de la vapeur à la température du liquide chauffé. k est un certain coefficient variable avec p.

Dans cette formule, k étant seul inconnu, il s'agissait de trouver cette valeur pour toutes celles de p. M. Horsin-Déon l'a déterminée pour la tempéra-

ture de 111°,85 sur un appareil à triple effet et l'a trouvée égale à 158,5.

Partant de cette valeur, on trouve celle de ce coefficient pour toutes les vapeurs à différentes températures au moyen de la formule tout à fait générale :

$$k_1 = k \frac{\left(\frac{e}{Sc}\right)_1}{\left(\frac{e}{Sc}\right)} \left(\frac{v_1}{v}\right)^2$$

dans laquelle k et v sont ceux de la vapeur à 111°,85.

L'application de cette formule aux données des expériences de Thomas et Laurens fournit des nombres concordants avec ceux fournis par les expériences elles-mêmes. De même les condensations beaucoup plus faibles constatées sur d'autres appareils rentrent aussi dans la formule. Le problème que s'était proposé M. Horsin-Déon est donc ainsi résolu.

M. Périssé a écouté avec beaucoup d'intérêt la communication de M. Horsin-Déon, parce qu'elle lui a rappelé des recherches expérimentales qu'il a faites il y a une douzaine d'années sur la transmission de la chaleur dans des appareils à air chaud. Les résultats trouvés par M. Horsin-Déon concordent avec ceux qu'il a trouvés lui-même ; mais il ne partage pas son avis sur la cause des différences de transmission de chaleur à travers une paroi.

M. Horsin-Déon a trouvé que l'évaporation était proportionnelle (1) au volume spécifique de la vapeur qui apportait la chaleur, et il en conclut que l'évaporation est proportionnelle à la distance des molécules. C'est cette dernière opinion que M. Périssé ne partage pas et, renseigné par les expériences qu'il a faites lui-même, il attribuerait plutôt les différences de transmission de chaleur à la variation de vitesse de la vapeur.

Il se passe trois phénomènes lorsqu'il y a transmission de chaleur à travers une cloison, par des fluides gazeux : la chaleur se transmet d'abord à la cloison par les gaz chauds ; elle la traverse par conductibilité et enfin la chaleur est transmise par la cloison aux gaz froids. Quand le régime est établi, les trois quantités de chaleur M sont égales et on peut alors poser trois équations à trois inconnues, desquelles on tire la formule suivante :

$$M = Q\,S\,(T - \theta)$$

S étant la surface considérée,

T étant la température des gaz apportant la chaleur,

θ étant la température des gaz chauffés,

La valeur du coefficient Q est donnée par la relation suivante, pour la quantité de chaleur par heure :

$$\frac{I}{Q} = \frac{1}{K} + \frac{e}{c} + \frac{1}{K'}$$

(1) Voir au procès-verbal de la séance du 2 décembre une rectification de M. Périssé à ce sujet.

dans laquelle, le premier et le troisième terme s'appliquent à la transmission de chaleur par contact, et le terme du milieu à la transmission par conductibilité ; e étant l'épaisseur de la paroi et c le coefficient de conductibilité, variable suivant la nature de la matière.

M. Périssé a déterminé expérimentalement quelle était la valeur de Q dans les appareils considérés qui étaient à parois réfractaires et dans lesquels les températures T et θ variaient de 1400 à 700 degrés, et il a été amené à poser la relation suivante :

$$\frac{I}{Q} = \frac{1}{p\sqrt{v}} + \frac{e}{c} + \frac{1}{p\sqrt{v'}}$$

la valeur de p a été trouvée être comprise entre 9 et 12.

Dans les appareils à air chaud, on peut admettre que l'émission de chaleur par rayonnement est presque nulle parce que les enceintes sont très petites, de sorte que $p\sqrt{v}$ serait l'expression de la chaleur transmise par contact. Cette chaleur, toutes choses égales d'ailleurs, serait donc proportionnelle à la racine carrée de la vitesse du gaz qui se refroidit ou qui s'échauffe au contact de la paroi.

M. Périssé a été amené à faire ses observations à la suite d'un entretien qu'il a eu avec M. Ser, professeur à l'Ecole Centrale, qui lui a fait part d'expériences faites par lui avec un tuyau d'eau chaude servant à chauffer l'air comme dans les hydrocalorifères. M. Ser avait déjà trouvé que la quantité de chaleur par contact variait avec la vitesse de l'air qui s'échauffait. Il serait intéressant pour notre Société que M. Ser lui apportât le résultat de ses expériences.

En résumé, M. Périssé pense que ce n'est pas à l'écartement des molécules, mais bien à la différence des vitesses de la vapeur, qu'il faut attribuer les résultats trouvés par M. Horsin-Déon, et, en dehors même des expériences faites tant par M. Ser que par lui, il est confirmé dans son opinion par les paroles de l'illustre professeur Péclet, disant dans son cours que, d'après la loi de Newton et d'après une formule de Dulong et Petit qu'il avait vérifiées, la quantité de chaleur perdue au contact de l'air augmentait avec l'agitation de l'air, c'est-à-dire avec sa vitesse.

M. Dulac. — Il y a des appareils d'évaporation à caisses inégales et à caisses égales. Je désirerais savoir s'il y a intérêt, quand on construit des appareils de ce genre, à faire des caisses égales ou des caisses inégales.

M. Horsin-Déon. — Dans la pratique, on a reconnu qu'il était utile de faire des caisses un peu inégales, pour tenir compte de l'incrustation des surfaces, attendu que, dans les appareils de sucrerie, les surfaces sont d'autant plus incrustées qu'on s'approche davantage de la concentration maximum du jus. Mais, lorsqu'on considère un appareil propre commençant son évaporation, on ne trouve aucun avantage à avoir des caisses inégales.

En effet, lorsque l'on considère les chutes de température entre les caisses, on voit que, les évaporations étant égales dans les caisses, les chutes se règlent naturellement suivant les besoins de l'évaporation. On n'est pas maître d'avoir telle ou telle chute dans les caisses : les chutes de température se règlent d'elles-mêmes. Un appareil marche aussi bien avec des caisses égales qu'avec des caisses inégales : ce sont seulement les chutes de température qui varient.

Ainsi nous faisons des appareils avec caisses inégales pour appliquer les procédés de chauffage à effets multiples de M. Rillieux ; lorsque, par hasard, nous ne faisons pas usage de la vapeur du premier ou du second corps pour faire le chauffage, notre appareil marche et fait tout aussi bien son travail et ses chutes de température suivent le travail que doit fournir chaque caisse. Mais il y a très peu d'intérêt à avoir une caisse plus grande ou plus petite. Quand on a un corps intermédiaire beaucoup trop petit, il bout trop et travaille mal; mais quand la différence entre les caisses n'est pas trop grande, l'équilibre s'établit suivant les lois de la chaleur, et les appareils marchent bien.

En 1882, dans un ouvrage que j'ai publié, j'ai dit qu'il y avait un grand intérêt à avoir des caisses égales, parce que les chutes de température s'équilibrent mieux. Mais, aujourd'hui, je dois modifier un peu ce dire, depuis que j'ai reconnu les chutes constantes de température d'une caisse à l'autre. Il faudrait que je fisse de nouveaux calculs pour établir s'il y a, théoriquement, quelque chose de mieux que ce que l'on fait; mais, pratiquement, je n'ai jamais trouvé de différence entre les appareils à caisses égales et les appareils à caisses inégales.

M. Casalonga dit que les deux ordres d'idées exposées par MM. Horsin-Déon et Périssé sont exacts, mais qu'il faut distinguer entre le chauffage par la vapeur et le chauffage par l'air, comme celui dont parle M. Périssé ; il croit que M. Horsin-Déon a apporté une utile correction au calcul en introduisant la valeur du volume spécifique, sans que toutefois la théorie de la distance des molécules lui paraisse expliquer les résultats constatés.

M. Casalonga pense que la question principale réside dans la capacité calorifique de l'agent de chauffage, laquelle explique mieux ce qui se passe que les considérations tirées du chemin à parcourir par les molécules. Il cite comme exemple les générateurs de vapeur où il existe, entre l'air fortement chauffé et l'eau de la chaudière, un très grand écart de température. Si l'on obtient un résultat plus grand avec la vapeur comme fluide chauffant, c'est que justement la vapeur a une capacité calorifique plus grande que l'air, et d'autant plus grande naturellement que sa température est élevée.

Maintenant, en ce qui concerne l'observation de M. Périssé, il semble que l'augmentation de vitesse du fluide chauffant doive nécessairement avoir un résultat avantageux.

M. Horsin-Déon. — Dans un appareil d'évaporation, la vitesse des

vapeurs qui se condensent est donnée par la vitesse de condensation. Lorsqu'un appareil est mal purgé d'air, on sent qu'il marche mal, parce que la vitesse de condensation est lente. Si on a un appareil bien purgé, la vapeur se condense plus ou moins vite, suivant la nature de cette vapeur, et lorsque nous fournissons du calorique à une surface, cette surface transmet les calories qu'on lui fournit, et cette quantité de calories dépend de la vitesse d'arrivée de la vapeur contre la paroi. Eh bien, cette vitesse de l'arrivée de la vapeur dans une caisse d'évaporation contre la paroi condensante est inversement proportionnelle au volume de cette vapeur.

C'est un phénomène mécanique qui précède l'acte même de la condensation et celui de la transmission des calories de la vapeur condensée au liquide chauffé; c'est ce phénomène mécanique que je considère seul ici, les phénomènes physiques de la transmission des calories ayant été étudiés dans les formules qui sont dans mon ouvrage. Il suffit d'introduire dans ces formules les nouvelles données que je produis aujourd'hui pour avoir une reproduction à peu près complète de l'ensemble des phénomènes qui accompagnent et produisent l'évaporation dans un appareil chauffé par la vapeur.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, je remercie M. Hersin-Déon de son intéressante communication. Il a essayé de porter la lumière sur une question importante et complexe dans laquelle l'empirisme paraît avoir joué jusqu'à présent un rôle prépondérant.

Il a cherché à montrer l'influence que pouvait avoir la densité du fluide qui chauffe sur la quantité de chaleur qui traverse une surface donnée. Mais peut-être n'a-t-il pas encore analysé tous les éléments du problème. M. Périssé a expliqué que la vitesse avec laquelle circule le fluide chauffant, air ou vapeur, doit exercer une grande influence sur la quantité de chaleur qui traversera la paroi. D'un autre côté, la facilité qu'on donnera pour le renouvellement du fluide qui doit recevoir la chaleur ne peut pas manquer de faciliter la transmission. Un générateur de vapeur entretiendra un cheval avec un mètre carré de surface de chauffe ; d'autres chaudières à circulation plus active feront le même travail avec un tiers de mètre carré. A Toulon, par exemple, on a construit récemment une chaudière d'embarcation qui, avec 8 mètres carrés de surface de chauffe, alimente une machine de 40 chevaux.

Il doit y avoir encore d'autres influences quand il s'agit de liquides sucrés qui, sans doute, ne se comportent pas comme de l'eau pure.

Il semble donc que, dans l'étude de la vaporisation, on n'ait pas encore tenu compte de toutes les causes qui influent sur le phénomène.

Souvent d'ailleurs, dans ces sortes d'études, on se hâte trop d'inscrire un coefficient dans la formule cherchée; on prend deux ou trois variables et l'on espère, à l'aide d'un simple multiplicateur numérique, représenter l'influence des autres variables. Mais les phénomènes ne sont pas toujours aussi simples que les formules auxquelles on voudrait les plier.

Nous avons à entendre maintenant la communication de M. H. Lasne sur les phosphates de Beauval et d'Orville.

M. Henri Lasne, après avoir donné la composition d'un phosphate d'Orville, explique que, d'après lui, l'origine de ces phosphates ne peut être due à des filons d'apatite.

A son avis, pour expliquer l'origine des phosphates sédimentaires, il faut admettre que ces substances étaient dissoutes dans les eaux des mers chargées d'acide carbonique, soit que ces eaux aient agi sur les roches primitives ou éruptives renfermant des cristaux d'apatite, soit qu'elles aient été enrichies par des sources minérales contenant de l'acide phosphorique. Les phosphates ont pu ainsi être transportés plus ou moins loin de leur point d'origine par les courants marins. L'acide carbonique se dégageant peu à peu, les phosphates se sont déposés en même temps que les autres substances qui se précipitent dans les mêmes circonstances, telles que l'oxyde de fer. Aussi voit-on généralement les minerais de fer et les phosphates occuper les mêmes niveaux géologiques.

Le carbonate de chaux s'est déposé ensuite; mais il est bien évident que le fractionnement qui s'est produit n'a pas été absolu ; partout, en effet, le carbonate de chaux accompagne le phosphate et, dans les calcaires, ou trouve encore une trace d'acide phosphorique.

M. Lasne développe les raisons qui motivent son opinion, et il termine par une observation relative à l'emploi et à la transformation du phosphate; il ne croit pas que les phosphates de Beauval, employés en nature, puissent devenir assez rapidement assimilables par la végétation si l'on en juge au moins par leur analogie avec les phosphates de Mons; leur transformation en superphosphate est donc nécessaire, ainsi que l'estime M. Lévy, mais il assure que le prix de revient de cette transformation est beaucoup plus élevé que ne le pense notre collègue.

M. le Président. — La parole est à M. Auguste Moreau pour sa communication sur la solubilité des phosphates et leur utilisation en agriculture.

M. Auguste Moreau va traiter surtout le sujet si important de savoir si, pour l'utilisation du phosphate dans l'agriculture, il est essentiel d'employer le superphosphate soluble dans l'eau, ou simplement soluble dans le citrate d'ammoniaque, qui est le meilleur juge de l'assimilabilité ultérieure par les plantes. Au point de vue de l'utilisation en agriculture, les phosphates se rangent en deux catégories : les produits naturels qui peuvent être employés dans certains terrains acides ou vierges, et sont directement assimilés par les plantes : tels sont les terrains granitiques, non encore chaulés, etc.; puis, les phosphates qui doivent être superphosphatés, et sont devenus solubles, soit dans l'eau, soit dans un produit chimique qui sert de base pour en apprécier l'assimilabilité. Le genre *apatite*, dont a parlé M. Lasne tout à l'heure, donne un superphosphate entièrement soluble dans l'eau, tandis que le type phosphorite donne des produits qui ne le sont qu'imparfaitement, mais ce qui est in-

soluble dans l'eau est soluble dans le citrate d'ammoniaque. Or, un préjugé très répandu consiste à croire qu'au point de vue de l'utilisation agricole, la solubilité à l'eau est indispensable. C'est une grave erreur que notre collègue, M. H. Lasne, a victorieusement réfutée dans un ouvrage déposé à notre bibliothèque; et c'est là une erreur non seulement scientifique, mais encore des plus préjudiciables à l'intérêt national.

Les phosphates français appartiennent, en effet, tous au genre phosphorite et donnent des superphosphates qui ne sont pas entièrement solubles dans l'eau ; et, comme ce sont les Anglais qui ont le monopole du commerce des phosphates, du genre apatite, dans le monde entier, on comprend l'intérêt qu'ils ont à répandre dans le public l'opinion que le soluble à l'eau seul est utilisé.

Mais, dans nos phosphates français, ce qui n'est pas soluble dans l'eau est soluble dans le citrate d'ammoniaque, par conséquent attaqué par les acides organiques du sol et par suite assimilé par les plantes. Il faut donc chercher surtout à déraciner cette idée fausse que ce qui n'est pas entièrement soluble dans l'eau n'est pas utilisable en agriculture. Or, il est aujourd'hui parfaitement démontré que le soluble au citrate et le soluble à l'eau sont équivalents au point de vue de l'absorption par les racines des plantes.

M. Auguste Moreau prouve en outre que, au point de vue de la vente, il y a égalité complète entre l'apatite et la phosphorite, et qu'il y a même un petit avantage en faveur de la phosphorite, dont les résidus insolubles sont utilisés tout de même à la longue, vu l'allure poreuse qu'elles doivent à leur origine sédimentaire. Par conséquent, non seulement les deux produits sont égaux devant l'utilisation agricole, mais on peut même prouver que les phosphorites françaises sont un peu supérieures aux apatites anglaises : il n'y a donc pas lieu de préférer ces dernières.

M. Auguste Moreau dit ensuite quelques mots du phosphate bicalcique ou précipité, que l'on prépare dans l'industrie en traitant les phosphates par l'acide chlorhydrique et saturant l'acide phosphorique produit par la chaux. Nos agriculteurs ne l'utilisent pas, parce qu'il coûte plus cher, sans se rendre compte qu'il contient 40 0/0 d'acide phosphorique.

Il exprime en même temps ses regrets de ne pas voir en France de fabriques d'acide phosphorique dans le genre de celles qui existent en Allemagne ou en Espagne et dont on pourrait tirer des engrais aussi riches que l'on voudrait.

Il parle enfin des scories résultant du traitement métallurgique par le procédé Thomas et Gilchrist, qui peuvent encore constituer des phosphates utilisables analogues aux phosphates naturels quand ils sont finement moulus. Mais il est impossible de les comparer, même de loin, aux superphosphates : et encore y a-t-il lieu aujourd'hui de faire des réserves sur leur emploi, à cause des composés du soufre et de l'arsenic qu'ils peuvent contenir et dont l'action sur la végétation n'est pas toujours bienfaisante.

M. Auguste Moreau conclut, d'après ce qui précède, qu'il y a une véritable campagne à organiser auprès de nos cultivateurs, afin de leur démontrer qu'ils ont tout avantage à n'acheter que des phosphates français.

M. L. Thomas dit que lorsqu'on établit la comparaison d'un superphosphate avec une scorie ou avec un phosphate fossile, il serait injuste de ne pas tenir compte du sulfate de chaux qui entre, pour la plus grande partie du poids, dans la composition du superphosphate. Il y a 10 à 14 0/0 d'acide phosphorique; si vous ajoutez la chaux, vous trouvez 21 à 30 0/0; le surplus, c'est-à-dire 70 0/0, se compose de sulfate de chaux obtenu gratuitement par le cultivateur. Il n'aura pas à s'en plaindre. Il aura simplement à transporter jusqu'à son champ un poids qu'il n'aura pas payé.

Par une singulière bizarrerie, il y a intérêt à se procurer un superphosphate pauvre, parce qu'on a par surcroît un sulfate de chaux qu'on ne paie pas. Et lorsque le prix du transport n'est pas considérable, il y a intérêt à se décider pour le superphosphate pauvre.

M. L. Durassier.—Dans sa communication, M. Moreau a dit qu'il pourrait bien y avoir des arséniures ou des sulfures dans les scories.

Il n'y a aucune espèce de crainte à avoir à ce sujet, quant à l'arsenic, parce qu'on ne pourrait pas faire d'acier avec une fonte qui en contiendrait. Quant au soufre, les fontes Thomas en contiennent très peu. Puis, quand une fonte a traversé le convertisseur, elle a subi une action oxydante, et, s'il y a quelque chose dans la scorie, ce sera de l'acide sulfurique, et nous retombons sur du sulfate de chaux comme dans les superphosphates.

Je ne crois pas, non plus, qu'il y ait infériorité de la scorie basique par rapport au superphosphate : la pulvérisation de la scorie tient lieu de la transformation en superphosphate. Il a été démontré que, quand on la broyait assez finement pour avoir 80 0/0 de poussière à moins de un dixième de millimètre, on peut avoir un résultat considérable, au point de vue de l'assimilation par les plantes. Du reste, des résultats de ce genre, obtenus en Allemagne, confirment les expériences faites par M. Grandeau.

M. H. Lasne fait observer qu'ayant traité des scories par l'acide, il a obtenu un dégagement de gaz sulfhydrique, des carbures d'hydrogène et des gaz infects, de l'acide sulfhydrique en abondance.

M. L. Durassier. — Le fait ne peut tenir qu'à ce que la scorie a été attaquée sans avoir été nettement séparée des grenailles qu'elle peut renfermer.

M. A. Moreau. — Les scories sont forcément très impures parce que, d'après le traitement même du convertisseur, toutes les impuretés s'en vont dans les scories.

Maintenant les superphosphates sont toujours supérieurs aux produits broyés, parce qu'ils opèrent dans le sol à l'état de précipité chimique naissant, c'est-à-dire, avec une division moléculaire parfaite que n'atteint jamais le meilleur broyage.

M. S. Périssé cite une brochure qu'a faite M. Ménier, il y a douze ans, et qui donne des résultats intéressants sur la pulvérisation.

M. L. Dumas émet cette opinion que, les minerais phosphatés ou potassiques deviennent fertilisants quand la meule les a réduits en poudre impalpable. Il faut faire intervenir la question de prix pour choisir: c'est cet élément-là qui doit l'emporter.

M. L. Durassier. — Quant aux scories, il n'y a pas besoin d'en pousser la pulvérisation au delà d'une certaine limite. Quand on les a pulvérisées à un degré tel que 80 0/0 de la masse passent dans un tamis à un dixième de millimètre de diamètre, il est inutile d'aller au delà; on ne gagne rien, au point de vue du rendement, en pulvérisant plus fin. Il n'est pas nécessaire d'arriver jusqu'à la division chimique, pour obtenir l'assimilation par les plantes.

M. S. Périssé. — Cela peut dépendre de la nature des phosphates.

M. L. Durassier. — Je parle des scories.

M. S. Périssé. — Les expériences de M. Ménier ne sont pas concordantes avec ce que vous dites.

M. H. Lasne. — J'estime que, pour obtenir avec des phosphates broyés des résultats analogues à ceux que donnent les superphosphates, il faudrait pousser la pulvérisation beaucoup plus loin qu'on ne peut l'obtenir économiquement. La transformation chimique est encore ce qui est plus économique.

Quant aux scories dont il est question, ces scories dont j'ai eu quelques échantillons entre les mains m'ont paru très difficiles à broyer; elles sont tenaces, élastiques, et le broyage en sera difficile.

M. L. Thomas.— On a parlé d'essais d'assimilation au moyen des scories: ce sont des études à faire, et qui n'ont pas été faites. Le rapport de M. Grandeau est extrait d'une publication allemande intéressée. Il n'y a pas eu, en France, de recherches sérieuses sur ce sujet, sauf dans une petite ferme-école où M. Grandeau a la haute main, et où on a fait des essais sur une seule campagne. Il n'y a pas d'expériences agricoles. Ce qui a été fait de tout temps, c'est la comparaison entre le phosphate et le superphosphate : dans les terres cultivées, les expériences sont concluantes; dans les terres acides, dans les terres de bruyères, le phosphate pulvérisé a produit des résultats qui ont été nuls dans les terres cultivées.

M. E. Gruner. — L'année dernière, en allant à Liège, j'ai été frappé de voir, du côté d'Angleur, une parcelle de terre employée pour juger de l'effet produit avec du phosphate pulvérisé.

J'ai vu la récolte sur pied, les endroits qui ont reçu le phosphate pulvérisé étaient très remarquables par la grosseur des graines et la hauteur des tiges.

M. E. Petit. — On vient de parler du rôle que peut jouer le phosphate naturel dans l'agriculture. Il peut jouer un rôle important, non seulement dans les sols acides ou récemment défrichés, mais encore dans un sol inerte. Je puis citer des expériences faites dans les environs de Bor-

deaux, avec une grande précision, d'où il résulte que, dans un sol siliceux, on a obtenu des résultats satisfaisants pour la vigne, en se servant de phosphate pulvérisé.

M. LE PRÉSIDENT. — Combien d'années ont-elles duré?

M. E. PETIT. — Elles n'ont pas duré plusieurs années, le terrain était un sable siliceux.

M. H. LASNE. — Dans ce cas le phosphate naturel vaut mieux qu'un superphosphate, parce que ce dernier aurait passé à travers la couche.

M. S. PÉRISSÉ. — Je crois que le fait cité par M. Petit peut avoir une explication qui m'a été donnée dans un pays où on cultive la vigne. Lorsqu'on cultive une vigne, on cherche à obtenir du raisin. Lorsqu'on met de l'engrais trop assimilable, la plante pousse surtout en bois, mais peu en raisin, et l'engrais se perd dans le sol pour l'année suivante; alors que, au contraire, en employant un engrais plus difficilement assimilable, on a obtenu plus de raisin et moins de bois.

M. E. PETIT. — Dans le résultat dont je parle, il y avait un accroissement de sarment plus considérable avec le phosphate naturel qu'avec le superphosphate. Mais si vous voulez quelques détails, il me sera facile de les procurer. Le second point sur lequel j'appelle l'attention de la Société est celui-ci. On vient de parler du rôle possible sur la végétation des impuretés contenues dans les scories. Je ne les ai jamais essayées, je n'en peux parler que d'une façon théorique. En ce qui concerne le soufre, je crois qu'il n'y aurait pas lieu de s'effrayer de l'inconvénient qu'il peut avoir sur la végétation, quand il s'agit de la vigne. Le soufre, dans ce cas, non seulement ne nuit pas, mais encore exerce une action bienfaisante. La végétation est activée par le soufre, de sorte que ce métalloïde pourrait, au contraire, être très utile.

M. L. DURASSIER. — On a prétendu que les expériences avec les scories manquaient; mais, si elles manquent en France, elles ne manquent ni en Allemagne ni en Angleterre.

M. LE PRÉSIDENT. — Vous voyez, Messieurs, que la communication de M. Paul Lévy sur les phosphates de la Somme a amené de très intéressantes observations. Je crois que cette question peut être encore considérée comme ouverte: elle est de premier ordre. Nous attendrons de nouveaux renseignements sur l'emploi des phosphates fournis par la métallurgie.

Je remercie MM. H. Lasne et A. Moreau ainsi que tous les membres qui ont pris part à la discussion et apporté des renseignements sur cette question.

La séance est levée à dix heures et demie.

LE CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHEMINS DE FER

(2e SESSION)

MILAN — 1887

PAR

M. G. CERBELAUD

INGÉNIEUR, INSPECTEUR DU MOUVEMENT DES CHEMINS DE FER DE CEINTURE DE PARIS

Le Congrès international des chemins de fer, qui avait tenu sa première session à Bruxelles en 1885, s'est réuni de nouveau cette année, à Milan, le 17 septembre dernier.

Je n'ai pas la prétention, Messieurs, de vous présenter un compte rendu détaillé de ce Congrès, ce qui m'entraînerait hors des limites assignées d'ordinaire à nos communications ; je me bornerai à résumer, le plus brièvement possible, les avis émis par les diverses sections sur les trente-deux questions qui leur étaient soumises, en insistant plus particulièrement sur ce qui a trait à la 3e section (*Exploitation*) dont j'avais l'honneur de faire partie.

Les lacunes que présentera forcément ce travail seront facilement comblées par ceux de nos collègues qui assistaient au Congrès, et, en attendant le *compte rendu officiel*, je renverrai ceux qui désireraient des détails plus complets sur telle ou telle question, aux articles déjà publiés, à ce sujet, par plusieurs journaux spéciaux (1).

Je ne m'étendrai pas non plus sur le côté... *attrayant* du programme, mais je ne puis m'empêcher de vous dire combien nous avons été fêtés, et par le Gouvernement italien, et par les Municipalités, et par les Administrations de chemins de fer et de navigation. Du reste, un pays qui reçoit ses visiteurs dans une ville comme Milan et qui peut leur offrir des excursions à Venise, à Gênes, au lac de Côme, a déjà sa tâche singulièrement facilitée. Je me hâte d'ajouter qu'il a su magnifiquement la remplir. Les correspondances des journaux parisiens, — entre autres celle du *Temps*, attribuée à l'un

(1) *Génie civil* des 24 septembre, 1er et 8 octobre 1887. Compte rendu par M. Cossmann, membre de la Société.
Revue générale des chemins de fer, numéro de septembre 1887.
Moniteur des intérêts matériels (Bruxelles), numéros des 2, 6, 23 et 30 octobre 1887.

de nos plus sympathiques collègues, — vous ont déjà retracé fidèlement cette succession de fêtes et de banquets, et vous ont dit que la délégation française avait été particulièrement l'objet des attentions les plus flatteuses. Ceux d'entre nous qui ont pris part au voyage de la Société en Belgique, il y a deux ans, peuvent d'ailleurs, se faire une idée exacte de l'accueil que les délégués au Congrès ont reçu en Italie, cette année.

En 1885, le Congrès de Bruxelles avait donc décidé que la deuxième session s'ouvrirait à Milan, cette année, et, pour préparer le programme et faciliter l'étude des questions à soumettre à cette nouvelle réunion, il avait délégué ses pouvoirs à une *Commission internationale* permanente (1). Cette Commission est entrée en relation avec les Administrations adhérentes, et 186 Administrations (Gouvernements et Compagnies de chemins de fer) représentant 28 contrées et un ensemble d'environ 160 000 kilomètres de chemins de fer, ont répondu à son appel et ont nommé 372 délégués pour les représenter à Milan (2).

Le samedi 17 septembre, la session a été ouverte dans le foyer du théâtre de la Scala, sous la présidence de *S. Ex. M. Saracco*, ministre des travaux publics d'Italie. Dans un excellent discours, il a souhaité la bienvenue aux délégués et remercié la Commission internationale du choix fait, par le précédent Congrès, de la ville de Milan comme siège de la deuxième session. Il a fait ressortir combien l'Italie est fière d'avoir été la première à pratiquer ces grands percements de montagnes, qui sont comme le trait d'union des peuples civilisés et a invité le Congrès à donner à ses travaux des solutions pratiques dont l'Italie sera heureuse de s'inspirer.

M. Fassiaux, délégué du gouvernement belge et président de la Commission internationale, a répondu au ministre; puis le Congrès a procédé à l'élection de son bureau. *M. le sénateur Brioschi*, premier délégué italien, a été nommé président. La vice-présidence,

(1) La Commission internationale publie un recueil mensuel, sous le titre de : *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer* (Bruxelles. — Weissenbruch, éditeur) ; elle y insère les comptes rendus officiels des Congrès et les rapports qui lui parviennent sur les questions à l'étude.
Voir à l'*annexe* II la composition de la *Commission internationale* nommée par le Congrès de Milan.

(2) Pays représentés au Congrès de Milan :
Allemagne, Argentine (République), Autriche-Hongrie, Belgique, Brésil, Bulgarie, Chili, Danemark, Egypte, Espagne, Etats-Unis d'Amérique, France et Algérie (et Colonies), Grande-Bretagne et Irlande (et Colonies), Grèce, Italie, Japon, Luxembourg, Mexique, Pays-Bas (et Colonies), Pérou, Portugal, Roumanie, Russie, Serbie, Suède et Norwège, Suisse, Tunisie, Turquie.

réservée à la France, a été dévolue à *M. Léon Say*, représentant la Compagnie du Nord (1).

Aussitôt après, les membres du Congrès se sont rendus dans les locaux de leurs sections respectives, afin d'y nommer leurs présidents et secrétaires de section et de commencer l'examen des questions soumises à leurs délibérations (2).

Nous allons indiquer les avis émis sur chacune d'elles par les sections et adoptés par le Congrès dans les séances plénières. Nous suivrons, pour cela, l'ordre établi par le programme officiel.

Question Ire.

Dispositions statutaires et réglementaires. — (Voir ci-après, à l'*annexe* I, le texte des statuts et du réglement adoptés.)

Première Section. — Voies et Travaux.

Président : M. Lommel, membre de la direction du chemin de fer Jura-Berne-Lucerne *(Suisse)*.

Secrétaire principal : M. Barsanti, ingénieur des chemins de fer de l'Adriatique *(Italie)*.

Question II.

Traverses métalliques.— Quelles conclusions peut-on tirer, au double point de vue économique et technique, des derniers résultats obtenus dans l'emploi des traverses métalliques ?

(1) *M. Lax*, directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics, délégué du gouvernement français, ayant été d'abord nommé vice-président, a prié le Congrès de reporter cet honneur sur *M. Léon Say*, l'homme d'Etat éminent, l'ancien ministre, l'ancien président du Sénat. Le Congrès a accueilli cette demande par des acclamations unanimes. Le bureau du Congrès s'est trouvé, par suite, composé de la manière suivante :

Président : M. le commandeur *F. Brioschi*, sénateur, délégué du gouvernement italien ;

Vice-présidents : M. B. de Boros, député au Parlement hongrois, — *M. G. de Winberg*, conseillé privé de Russie, président du Conseil du chemin de fer de Moscou à Brest ; — *M. Hutchinson*, major général du génie, inspecteur des chemins de fer, délégué du gouvernement anglais ; — *M. Léon Say*, vice-président de la Compagnie du Nord ; — *M. Van Hasselt*, administrateur des chemins de fer hollandais ; — *M. le Dr Zehetner*, conseiller de régence I et R, conseiller de direction générale des chemins de fer de l'Etat autrichien.

Secrétaire général : M. Aug. de Laveleye, ingénieur.

Secrétaires pour la partie administrative : MM. Eug. Kesteloot, chef de division au ministère des chemins de fer, postes et télégraphes de Belgique, et *E. Holemans*, chef de bureau au même ministère.

Secrétaire pour la partie technique : *M. L. Weissenbruch*, ingénieur au ministère des chemins de fer, etc., de Belgique.

(2) L'ordre du travail du Congrès avait été réglé de la manière suivante :

Le matin, séance des sections à l'*Institut polytechnique* (Etude des diverses questions, lecture du rapport des secrétaires de section, discussion, avis de la section).

L'après-midi, séance plénière à la *Scala* (Compte rendu des travaux de la matinée par les présidents ou les secrétaires de section, discussion générale).

Tous les membres du Congrès avaient d'ailleurs reçu, à leur arrivée à Milan, la collection des *rapports* faits sur chaque question par les secrétaires-rapporteurs nommés par la Commission internationale.

Le rapporteur de cette question, notre collègue, M. Kowalski, ingénieur de la Compagnie de Bône-Guelma, ne conclut pas d'une manière absolue en faveur des traverses métalliques comparées aux traverses en bois ; toutefois, et la section se range à cet avis, on constate depuis le dernier Congrès, une augmentation dans l'emploi des traverses métalliques. Au point de vue du prix d'achat et de la durée, c'est une question d'espèce qui dépend des circonstances locales et de la situation du marché métallurgique (1).

Quant aux frais d'entretien, la question reste à résoudre pour les lignes à grand trafic ; pour les lignes à trafic moyen et vitesse réduite, l'opinion de la majorité est que la traverse métallique est avantageuse, surtout une fois que la voie est bien assise.

Enfin, pour ce qui concerne les traverses dérivées de la forme Vautherin (en auge renversée), il paraît établi que l'usage d'un métal homogène est désirable.

Question III.

Ponts métalliques. — Quels sont les résultats obtenus par l'emploi de l'acier dans la construction des ponts métalliques, et quelle extension peut-on donner à l'usage de ce métal dans ce genre de construction ?

A cette question, la section a répondu d'une manière particulièrement nette, en proclamant : qu'il est incontestable que l'acier doux *(Flusseisen)* constitue, pour la construction des ponts, un métal notablement supérieur au fer. L'emploi de l'acier est spécialement recommandé pour les ouvrages de grande ouverture. La métallurgie peut le livrer aujourd'hui dans des conditions de prix peu différentes de celles du fer ; il y a néanmoins des précautions à prendre dans sa fabrication et son emploi, surtout dans les pays froids.

Question IV.

Entretien des voies. — Quel est le meilleur système d'entretien des voies au point de vue de l'économie et de la sécurité (affermage, primes au personnel, personnel auxiliaire, emploi exceptionnel d'ouvriers à la journée) ?

Le rapporteur, M. Piéron, ingénieur en chef des ponts et chaus-

(1) Il y a lieu de noter que cet avis est conforme à l'opinion émise, à diverses reprises devant la Société, principalement par notre honorable vice-président, M. Contamin.

sées, attaché à la Compagnie du Nord, a fait de cette question de la réduction des frais d'entretien une application des plus judicieuses dans le service important qu'il dirige à Lille ; aussi la section a-t-elle rendu hommage à la compétence spéciale de son rapporteur, en adoptant sur sa proposition les conclusions suivantes :

1° Le système d'affermage, ou de forfait proprement dit, est à rejeter de la manière la plus absolue, comme étant inconciliable avec la sécurité; toutefois, il est désirable de substituer, autant que possible, le travail à la tâche au travail à la journée ; — 2° on doit désirer de voir s'étendre le système des passages à niveau non gardés ; — 3° on peut diminuer beaucoup les frais de surveillance de la voie, en chargeant de ce soin les hommes des équipes d'entretien et on a constaté qu'il y a une tendance générale à réduire le nombre des tournées.

Question V.

Mesures contre les neiges. — Quelles sont les mesures à prendre pour éviter les encombrements des voies par les neiges, et quels sont les systèmes les plus efficaces et les plus économiques pour le déblayage des voies (paraneige, chasse-neige, wagons brise-glace, recrutement des ouvriers à affecter temporairement à ce service) ?

La section, très divisée sur les moyens à adopter, se borne à recommander de tenir le plus grand compte de cette considération dans l'établissement des lignes exposées à être encombrées.

Question VI.

Voies très fatiguées. — Quelle est l'influence des conditions d'établissement des voies ferrées à grande circulation sur les dépenses d'entretien, tant de la voie elle-même que du matériel roulant ?

On recommande, dans le but de réduire les dépenses d'entretien, de construire solidement la voie, en rails robustes, bien attachés, sur bonnes traverses en bois ayant une large surface d'appui et un excellent ballast, et enfin d'assainir la plate-forme en assurant convenablement l'écoulement des eaux. La majorité est d'avis que, pour les voies Vignole, il y a avantage à intercaler, entre le rail et la traverse, des platines métalliques.

DEUXIÈME SECTION. — TRACTION ET MATÉRIEL.

Président : M. Belpaire, administrateur des chemins de fer de l'Etat belge.

Secrétaire principal : M. Bandérali, ingénieur de la Compagnie du Nord.

Question VII.

Roulement des mécaniciens. — Roulement du personnel des mécaniciens, notamment au point de vue :

a. — D'une meilleure utilisation des machines;

b. — D'une juste distribution du travail en tenant compte des différentes saisons, de la complexité du service et des conditions hygiéniques des zones parcourues.

Cette importante question, rapportée par notre honorable collègue M. Bandérali, a soulevé un débat très étendu où les partisans de l'*équipe unique*, de la *double équipe* et du *roulement banal* ont fait valoir des arguments importants en faveur de ces divers systèmes.

Le *roulement banal* appliqué surtout aux Etats-Unis et dans lequel une même machine est conduite successivement par plusieurs équipes de machinistes alternant dans un ordre déterminé, fait ressortir une diminution dans l'effectif moteur de 25 0/0 environ; de plus, il amène une durée moindre des machines, tout en augmentant leur utilisation, et permet par suite de les renouveler plus souvent en profitant des progrès récents. Quoi qu'il en soit, le régime de l'*équipe unique*, appliqué généralement chez nous, présente d'autres avantages et la section a été d'avis que le système banal, dont l'application n'entraîne pas une augmentation de personnel, peut convenir à certains cas particuliers d'exploitation; mais, dans chaque cas, l'application doit être soigneusement préparée, justifiée par une étude préalable et scrupuleusement surveillée.

D'un autre côté, les recherches en vue d'améliorer l'utilisation des machines ne doivent jamais faire perdre de vue le bien-être du personnel.

Question VIII.

Matériel à voyageurs. — Examen et discussion des conditions de construction et de montage du matériel à voyageurs, notamment au point de vue :

a. — De l'utilité d'équilibrer les roues;

b. — De la suspension;

c. — Des limites dans lesquelles il est utile de réduire le poids des voitures et des moyens les plus pratiques pour arriver à ce résultat.

Le rapport très détaillé fait ressortir qu'il convient d'équilibrer les roues, et que les roues à centre plein ont donné, à ce sujet, d'excellents résultats; que pour adoucir la suspension, on emploie avec succès des matières élastiques interposées entre la caisse et le châssis; qu'enfin il est utile de diminuer le plus possible le poids mort sans nuire au confortable, et que, par contre, si ce confortable amène une exagération du poids des véhicules, il est juste qu'une augmentation du prix des places en soit la conséquence.

Question IX.

Locomotives. — Quelles sont les meilleures conditions de construction des locomotives, notamment au point de vue :

A. — 1° De l'influence de la suspension sur les dépenses d'entretien;

2° De l'application du principe compound;

3° De la nature du métal à employer pour les chaudières, les tubes à fumée, les entretoises, etc.;

4° De l'emploi du jet d'eau ou de vapeur pour augmenter l'adhérence des roues de la locomotive sur les rails.

B. — Jusqu'à quelle limite convient-il d'exécuter dans les dépôts les réparations des locomotives?

La première partie de cette question, très bien rapportée par M. le Chev. Cervini, ingénieur du réseau de la Méditerranée (Italie), n'a pu aboutir qu'à un échange d'observations; on a constaté que l'application des balanciers de suspension donne de bons résultats, que le système compound permet de réaliser des économies de combustible; quant à la nature du métal à employer pour les chaudières, on attend avant de se prononcer que l'expérience ait été poursuivie plus longtemps sur le mode de travail des tôles d'acier. On en reparlera au prochain Congrès.

On a donné la préférence à l'emploi de l'eau chaude, projetée sur les rails pour augmenter l'adhérence des roues des locomotives et

l'on a condamné l'usage du sable dont les inconvénients sont bien constatés.

Enfin, une règle fixe ne saurait être posée pour la limite des réparations à exécuter dans les dépôts. En pratique, les dépôts, sauf des cas exceptionnels, doivent se borner aux *réparations dites d'entretien courant*.

Question X.

Graissage. — Quel est le meilleur mode de graissage et le meilleur système de boîtes à graisse?

On a constaté que l'emploi des huiles animales, végétales ou minérales, ou mieux des mélanges de ces huiles est d'un usage presque général aujourd'hui et donne au point de vue de la régularité de l'exploitation des résultats autrement satisfaisants que ceux obtenus avec les anciennes formules de graisse. Pour les coussinets, on préconise l'usage d'alliages spéciaux (métal blanc, etc.), diminuant beaucoup les risques de chauffage en route, pour les voitures à long trajet. Il est à désirer que les expériences en cours pour le remplacement des anciennes boîtes en fonte très cassantes par des boîtes en fer forgé étampé ou même en acier coulé, soient continuées. Enfin les soins d'entretien à donner aux boîtes doivent être faciles, mais les levages le plus rares possible.

Question XI.

Primes. — Quel est le meilleur système de primes employé pour la réparation du matériel roulant et pour le service des locomotives?

Sur le rapport de M. Solacroup, Ingénieur en chef adjoint de la Compagnie d'Orléans, la section a conclu que le meilleur système consiste à rétribuer les agents au moyen d'une partie fixe qui assure convenablement leurs moyens d'existence, et d'une partie variable proportionnelle au travail personnel et aux efforts de chacun pour faire un service à la fois satisfaisant pour le public et économique pour les administrations. D'où l'utilité des primes d'économie de combustible, de graissage, de régularité de marche, etc.

Question XII.

Freins continus. — Quelles conclusions peut-on tirer, au double point de vue économique et technique, des derniers résultats obtenus

par l'emploi des freins continus automatiques ou non (trains de voyageurs et trains de marchandises)?

On a restreint l'examen de cette question aux faits nouveaux qui se sont produits dans l'usage des freins continus, depuis le dernier Congrès. Pour l'accouplement, en attendant qu'un système vraiment pratique et économique de jonction en métal ait été proposé, on doit rechercher à améliorer la qualité des accouplements en caoutchouc pour rendre les ruptures moins fréquentes. On doit étudier aussi les causes de rupture des réservoirs à air comprimé qui se sont produites depuis quelque temps. Enfin l'application des freins continus aux trains de marchandises, tentée aux Etats-Unis, paraît au moins prématurée sur le Continent, en raison du système d'exploitation.

Question XIII.

Éclairage et chauffage des trains. — Quels sont les résultats obtenus par les nouveaux modes d'éclairage et de chauffage des trains?

a. Eclairage. — Les anciennes lampes à bec plat sont généralement condamnées; les nouvelles lampes à huile végétale, à bec rond et cheminée en verre, donnent de bons résultats, mais sont d'un entretien délicat; l'huile minérale peut être substituée avantageusement à l'huile végétale. — Le gaz riche comprimé donne toute satisfaction, mais il a l'inconvénient d'augmenter le poids mort et d'exiger des accouplements supplémentaires ou des réservoirs à chaque voiture; de plus il offre des difficultés d'alimentation à cause du roulement des véhicules qui doivent être renvoyés, en temps utile, aux gares pourvues de réservoirs fixes, ou bien il oblige à multiplier les wagons-réservoirs, etc.

On a indiqué des essais faits pour éclairer avec du gaz ordinaire *enrichi;* enfin, on poursuit les essais d'éclairage électrique qui ne deviendront pratiques que lorsqu'on aura résolu le problème de la production de l'électricité à bon marché.

b. Chauffage. — A ce sujet, les avis sont différents, à cause de la diversité des climats et des convenances variées du public. Dans nos contrées tempérées, l'usage de la chaufferette est généralement reconnu le système le plus pratique eu égard à la disposition des voitures; on a obtenu une notable amélioration de ce procédé de chauffage par l'emploi des chaufferettes à l'acétate de soude, qui durent beaucoup plus longtemps et épargnent aux voyageurs les ennuis du renouvellement en route.

TROISIÈME SECTION. — EXPLOITATION.

Président : M. Daragane, ingénieur, chef de l'exploitation de la ligne Nicolas (*Russie*);

Secrétaire principal : M. A. Jacqmin, inspecteur général de l'exploitation des chemins de fer de l'Est (*France*).

Question XIV.

Contrôle des voyageurs. — Quels sont les moyens les plus efficaces pour assurer le contrôle des voyageurs ?

Le contrôle peut s'exercer de deux manières : dans les trains et dans les gares. Le premier est assurément le plus sûr, mais le contrôle en route n'est réellement pratique que sur les lignes où l'on emploie le matériel à couloir permettant la circulation facile et permanente des agents; il est plus économique, mais il oblige à exercer une surveillance très sévère sur le personnel. Pour répondre à tous les cas qui peuvent se présenter, la section préconise : 1° le contrôle des billets dans les gares, au départ et à l'arrivée (1); 2° dans les voitures avant le départ des trains et pendant la marche; 3° des contrôles extraordinaires exercés par des agents spéciaux absolument sûrs et contrôlant ainsi, en même temps, les conducteurs de trains; 4° enfin, le contrôle avant l'entrée des grandes gares par le retrait des billets aux quais dits de contrôle.

Comme sanction du contrôle, on recommande la perception d'une *surtaxe* sur les voyageurs trouvés porteurs de billets insuffisants comme classe ou comme parcours.

Question XV.

Trains de voyageurs. — Quelles sont les conditions les plus favorables d'organisation des trains de voyageurs sur les lignes de premier ordre (division rationnelle des trains en catégories; nombre de classes de voitures à adopter dans chacune d'elles) ?

La question a paru bien vague en ce qui concerne le classement à adopter pour les trains de voyageurs, et qui dépend, en effet, pour chaque réseau, d'une foule d'éléments divers, tels que la longueur des lignes, les distances des centres à desservir, la direction des courants commerciaux, leur importance, etc.

(1) Il y a lieu de noter que les nouvelles dispositions administratives qui donnent en France l'accès libre des quais au public, s'opposent, dans la plupart des cas, à l'exercice du contrôle *au départ*.

Sur le point spécial de l'admission des voyageurs de 3e classe dans les trains express, une discussion très intéressante s'est engagée, et la section s'est rangée à l'opinion développée, avec beaucoup de talent, par M. Picard, chef de l'exploitation de la Compagnie P.-L-M.: « qu'il y a lieu d'admettre au bénéfice de la grande vitesse le voyageur payant le moins. », et cela dans des conditions déterminées. Il faut, par exemple, que la distance à parcourir soit assez longue pour que ce bénéfice de la vitesse soit sensible pour le voyageur de 3e classe, tout en conservant au train son caractère d'express et, par conséquent, en ne l'encombrant pas avec des voyageurs de 3e classe n'ayant à effectuer que de faibles trajets. Un minimum de 200 kilomètres de parcours paraît être le chiffre à adopter pour l'admission des voyageurs de 3e classe dans les express. La diminution de recette qui se produit de ce fait par suite du passage en 3e d'un certain nombre de voyageurs de 2e classe, est compensé sur certaines lignes par l'accroissement de circulation; toutefois, cette partie de la question ne peut encore être tranchée d'une manière définitive. — On a noté enfin la tendance qui se manifeste en Angleterre pour la suppression de la 2e classe, la 1re et la 3e semblant suffisantes aux besoins du public.

Question XVI.

Mouvement des marchandises. — *a.* — Quelles sont les conditions les plus favorables d'organisation du service des marchandises?

b. — Quelles sont les mesures les plus propres à diminuer les frais que comporte le transport de charges incomplètes?

La question comprend deux parties distinctes : transport des *wagons complets*, transport des *charges incomplètes*, au double point de vue de la rapidité et de l'économie. M. Picard a également fourni d'intéressants renseignements sur le système adopté au P.-L.-M. et que les autres réseaux français ont imité. La division des trains de marchandises en trains omnibus, semi-directs et directs, répond à tous les besoins pour le transport des wagons complets. Elle amène naturellement le dépassement d'un train de marchandises garé en un point quelconque de la ligne par un train de voyageurs ou un autre train de marchandises, et à ce sujet, M. Picard s'est élevé avec raison, contre une expression du rapport qualifiant de *dangereux* les garages effectués dans les petites stations. L'importance de la

station n'a rien à voir dans une question de garage, et comme l'a fait judicieusement observer M. Lefèvre, sous-chef du mouvement de la Compagnie de l'Ouest, tous les jours on effectue dans la moindre gare des manœuvres pour prendre ou laisser des wagons, autrement délicates que celles d'un simple garage de *train*.

En ce qui concerne le transport des charges incomplètes, on l'accélère par l'emploi de wagons complets de groupage et collecteurs-distributeurs pouvant entrer successivement dans la composition de trains omnibus et directs. Sur certaines lignes allemandes, on facilite la formation de wagons complets en obtenant des expéditeurs de ne remettre leurs envois que tous les deux jours. On a insisté sur l'utilité qu'il y a à abaisser la limite minimum de chargement des wagons complets dans le sens de la circulation des vides; le chiffre de 1 500 kilog. paraît être généralement adopté.

Question XVII.

Lignes à faible trafic. — *a.* — Quelles sont les simplifications que comporte l'exploitation économique des lignes à faible trafic?

b. — Serait-il possible d'affermer le service des petites stations et, dans l'affirmative, quelles précautions faudrait-il prendre pour garantir la sûreté du service?

Cette question a été examinée en commun avec la 5e section sous la présidence de M. Heurteau, directeur de la Compagnie d'Orléans. On a conclu que l'exploitation des lignes à faible trafic comporte les mêmes simplifications que celle des lignes secondaires, sans qu'il soit nécessaire pour cela de procéder d'abord à un déclassement administratif de ces lignes comme le proposaient quelques délégués. Ces simplifications consistent dans la suppression, plus ou moins étendue, des clôtures, du gardiennage des passages à niveau, des signaux, de la voiture dite de choc dans les trains de voyageurs, ainsi que dans la réduction du nombre de classes et la simplification des écritures. Dans ce dernier ordre d'idées, on a recommandé le rattachement de la comptabilité des petites gares à celle de la grande gare voisine, ce qui permet non seulement de réduire le personnel, mais de faire tenir les petites stations par des femmes. On a examiné avec intérêt les systèmes de billets et de cartes de transport pour les voyageurs et les marchandises adoptés par les *Tramways à vapeur piémontais*.

Enfin la question de l'affermage d'un groupe de lignes secondaires, formant un réseau distinct, est en voie de réalisation aux Compagnies de l'Ouest et du Nord. Pour ce qui touche l'affermage des petites stations, l'expérience n'est pas encore concluante ; on recommande toutefois, dans ce cas, de prendre des mesures spéciales dans un but de sécurité pour empêcher l'entrepreneur d'engager les voies principales par des manœuvres dans l'intervalle du passage des trains.

Question XVIII.

Manœuvres de gare. — Quels sont les meilleurs moyens d'effectuer les manœuvres de gare au point de vue de l'économie et de la sécurité ?

L'avis unanime a été en faveur des voies de triage par la gravité, qui évitent l'emploi des machines de manœuvre et permettent d'atteindre une rapidité beaucoup plus grande et de réaliser une notable économie de personnel. La meilleure pente à adopter est fixée à 8 ou 10 *mm* par mètre, le meilleur mode d'enrayage est le *sabot-frein*, enfin il est indispensable d'avoir des wagons roulant bien et pour cela il faut proscrire les véhicules lubrifiés à la graisse qui sont très gênants en hiver.

On préconise aussi l'usage des divers appareils de manutention : installations hydrauliques, chariots à vapeur, machines de manœuvre (les petites machines à treuil du type Nord ont été spécialement recommandées), ainsi que celui des gares hydrauliques à deux étages qui permettent de développer les moyens d'action d'une gare sans exiger son agrandissement.

Au sujet des manœuvres par la gravité et aussi à celui de l'éclairage des gares, traité dans la question XIX, les membres du Congrès ont été invités à visiter un soir le faisceau de triage installé à la gare de *Milan-Porte-Simplon* et sur lequel on exécute des manœuvres de nuit en s'éclairant au moyen de puissants réflecteurs électriques (1).

(1) Les voies de triage de la gare de *Milan-Porte-Simplon* sont disposées dans un triangle dont les côtés ont respectivement 376, 365 et 180 mètres de longueur.

Au sommet formé par les deux côtés plus longs du triangle, à la hauteur de 9,50*m*, sont placés 3 foyers de 990 carcels chacun, armés d'appareils de projection, qui envoient pendant toute la nuit leur lumière le long des voies de triage. — Ces foyers sont installés dans la cabine du poste Saxby qui commande les voies du faisceau.

Le reste de la gare est éclairé par deux phares de 990 carcels placés à la hauteur de 12,50 *m*, et un de 528 placé à 9 mètres.

La surface éclairée est de plus de 1 419 hectares.

Les trois foyers armés d'appareils de projection ne fonctionnent simultanément que

Question XIX.

Eclairage des gares. — Quels sont les résultats des dernières expériences tentées pour l'éclairage des gares : gaz et électricité ?

Les 2e et 3e sections se sont réunies pour traiter cette question. Suivant les circonstances techniques ou économiques, on peut être amené à adopter le pétrole, ou le gaz, ou le *lucigène*, ou l'électricité. Pour les grandes gares, l'électricité paraît devoir être préférée quand on dispose pour la produire d'un excès de force motrice, ou bien quand des Compagnies puissantes la livrent, comme en Amérique, dans des conditions de prix avantageuses. On a donné de bons résultats sur l'emploi du lucigène (éclairage aux résidus d'huiles lourdes pulvérisés) essayé par le P.-L.-M. pour l'éclairage des espaces découverts. La question reste ouverte pour le prochain Congrès.

Enfin, on a reconnu la nécessité de déterminer une unité *d'éclairement*, et l'on a proposé le *carcel-mètre* (éclairement obtenu à l'aide d'une carcel à 1 *m* de distance) ; c'est une question à examiner par le Congrès des électriciens.

Quatrième Section. — Questions d'ordre général.

Président : M le commandeur Peruzzi, député au Parlement italien.

Secrétaire principal : M. le chevalier Valenziani, chef de la délégation, à Rome, de la Société des chemins de fer de la Méditerranée.

A cette section avaient été réservées les hautes questions qui touchent à l'économie politique, aux rapports des administrations avec leur personnel et avec les gouvernements.

Les questions traitées (du n° 20 au n° 25) étaient, en effet, intitulées :

Personnel, Rémunération des employés, Institutions de prévoyance, Impôts et Taxes, Relations internationales et *Renseignements techniques.*

C'est dire que les membres les plus éminents du Congrès, — en dehors des compétences purement techniques, — s'étaient donné rendez-vous à la 4e section. « C'est là qu'était concentré, — dit

pendant les brouillards très épais auxquels la gare de triage est très fréquemment exposée, tandis que dans les conditions normales de l'atmosphère, on obtient un éclairage suffisant avec deux foyers seulement.

Deux machines à vapeur de 35 chevaux, dont une de réserve, actionnent 6 dynamos Siemens à courant continu, excitées en tension.

La dépense d'exploitation pour l'éclairage électrique de la gare de triage s'élève à 37 000 francs par an environ, et le coût de la carcel-heure, à 0,00152 *fr.*

M. Georges de Laveleye (1),— un intérêt tout spécial, dû à la présence des maîtres de la parole. Après MM. Léon Say, Luzzati, Griolet, Peruzzi, Picard, Devès, véritables maîtres écoutés et admirés de tous, d'autres personnalités, MM. Courras, Mayer, Crotti, ont apporté la lumière de leur expérience féconde; d'autres encore, dont le nom importe moins, ont présenté leurs renseignements, leurs observations ou leurs solutions. Le tout a produit un débat nourri sur des questions qui, à chaque instant, confinaient à l'économie politique et sociale. »

Trois questions, parmi celles énumérées plus haut, ont donné lieu à un débat approfondi : celles des impôts et taxes, du personnel et des institutions de prévoyance.

Pour les impôts qui, en France, atteignent le chiffre effrayant de 23 p. 0/0 sur les transports à grande vitesse, l'un des représentants du gouvernement français, M. Picard (du Conseil d'Etat), a déclaré que l'Etat poursuivait activement la réalisation de leur suppression partielle ou totale. Puis la discussion s'est engagée sur la question d'impôt des chemins de fer secondaires. M. Léon Say proclamait le principe de l'égalité de toutes les entreprises devant l'impôt, mais les petits chemins de fer ont trouvé d'énergiques défenseurs, en tête desquels il convient de citer notre collègue M. Emile Level. Bref, la 4e et la 5e sections réunies ont décidé qu'il y avait lieu de réclamer des gouvernements le dégrèvement des transports *à petite distance* que ces transports soient effectués par de petites Compagnies ou par les grandes administrations.

En ce qui touche le recrutement du personnel, la section s'est montrée favorable à l'emploi des femmes, à la création d'écoles d'apprentis, à l'admission dans les cadres, d'employés et d'ouvriers jeunes, même si le service militaire vient les enlever temporairement à leur profession, et enfin à une certaine préférence à accorder aux femmes et enfants des employés, afin de constituer des familles attachées aux chemins de fer et formant ainsi un personnel sur le dévouement duquel on puisse compter.

On a traité longuement la question des *économats*, c'est-à-dire des magasins d'approvisionnement créés par les Compagnies en faveur de leurs employés et, tout en reconnaissant le bien qu'ils produisent, on a paru pencher plutôt du côté du système de *Sociétés coopératives*

(1) *Moniteur des Intérêts matériels* du 2 octobre 1887.

d'alimentation qui sont des économats gérés par le personnel consommateur lui-même et dont les bénéfices sont répartis entre les associés ou appliqués au paiement de primes d'assurances sur la vie. Une institution de ce genre fonctionne à Turin (1).

Cinquième Section.

Questions spéciales aux Chemins de fer secondaires.

Président : M. Heurteau, directeur du chemin de fer d'Orléans.

Secrétaire principal : M. de Burlet, directeur général de la Société belge des chemins de fer vicinaux.

Avec la 5e section, nous retrouvons les questions techniques, et à l'empressement avec lequel les discussions en ont été suivies, principalement par les délégués des grandes Compagnies, on a pu constater l'intérêt d'actualité qui s'attache à tout ce qui a rapport à cette importante question des chemins de fer secondaires.

Question XXVI.

Dispositions générales des chemins de fer secondaires. — Quelles sont les dispositions générales de voies, de gares, de bâtiments, de signaux, de matériel roulant, etc..., les plus favorables pour l'exploitation des chemins de fer secondaires, d'après les différents écartements?

C'est M. Cossmann, ingénieur de la Compagnie du Nord, qui avait été chargé du rapport, et c'est au travail très complet de notre collègue qu'il faut se reporter pour avoir à ce sujet tous les détails désirables. Je me bornerai à dire que le Congrès a renouvelé le vœu exprimé à Bruxelles et recommandant l'emploi de la voie étroite (2); qu'il a reconnu qu'on pouvait, sans inconvénient, supprimer les signaux avancés des petites stations, remplacer les signaux de gare à gare, pour l'exploitation en voie unique, par le bâton-pilote, supprimer le gardiennage des passages à niveau, remplacer le télé-

(1) Les renseignements fournis à l'égard des *institutions de prévoyance* ayant, du reste, paru insuffisants, la section a décidé d'en réserver l'étude approfondie au prochain Congrès, et, dans ce but, elle a fait approuver la proposition suivante formulée par *MM. Léon Say* et *Luzzati* :

« Le Congrès invite la Commission internationale à dresser un questionnaire pour une enquête très détaillée concernant les institutions de prévoyance. L'enquête sera faite uniquement au point de vue spécial des chemins de fer.

» On aura égard aux quatre cas : maladies — accidents du travail — retraite à cause de vieillesse — survivance de la famille. On étudiera dans leurs détails les trois systèmes de patronage : action directe — action mixte — initiative libre. »

(2) Cette question a déjà été traitée par la Société dans tous ses détails. Voir le mémoire de *M. Aug. Moreau* sur les *Avantages de la voie étroite* (Bulletin de décembre 1884).

graphe par le téléphone d'un maniement plus rapide et plus facile.

Pour le matériel roulant, les voitures à intercommunication permettant le contrôle des recettes par un seul agent sont généralement adoptées. Les longues voitures à bogies divisées en plusieurs classes sont recommandées comme amenant une diminution de poids mort par l'emploi d'un moindre nombre de véhicules et quelquefois d'un seul par train. La tendance générale est d'admettre seulement deux classes sur les lignes secondaires, et d'obtenir la suppression de la voiture de choc là où elle est encore obligatoire.

Pour le matériel à marchandises, les avis sont encore partagés sur l'adoption du meilleur type. La question reste à l'étude.

Enfin, on a cité, comme d'un emploi avantageux, les aiguillages volants, permettant d'amener au chemin de fer des produits qui, comme ceux des exploitations forestières, n'ont pas de point fixe d'expédition.

Question XXVII.

Traction des chemins de fer secondaires. — Quel est le meilleur emploi, dans les chemins de fer secondaires, des principaux moteurs et modes de traction spéciaux (moteurs électriques, à air comprimé, à eau chaude, à soude, à gaz; systèmes de traction à crémaillère, à câble continu, etc.)?

(Question réservée pour le prochain Congrès.)

Question XXVIII.

Freins des chemins de fer secondaires. — Quels sont les freins qu'il y aurait lieu d'adopter pour assurer la circulation des trains empruntant les routes, afin de garantir la sécurité tout en augmentant la vitesse?

Le Congrès ne s'est pas prononcé en faveur d'un système de freins, il y en a beaucoup aptes à remplir les conditions du programme. Il a été d'avis, toutefois, qu'il n'y avait aucune utilité à employer les freins continus sur les chemins de fer secondaires, les freins ordinaires manœuvrés à main étant suffisants, même si l'on adopte une vitesse supérieure à celle admise aujourd'hui. — Rapporteur de cette question, M. Vérole, ingénieur des chemins de fer de la Méditerranée (Italie).

Question XXIX.

Transbordement. — Quels sont les moyens les plus pratiques pour faciliter les échanges de voyageurs et de marchandises entre les chemins

de fer à écartement étroit et les chemins de fer à grand trafic, au double point de vue : — *a.* des relations (échange de voyageurs, transbordement des marchandises) ; — *b.* du règlement de ces relations ?

Grave question qui a déjà été agitée devant la Société. Pour les voyageurs, pas de difficultés ; pour les marchandises, on a fait beaucoup de progrès, et M. Cossmann a pu donner d'intéressants détails sur les divers systèmes employés. On a particulièrement insisté sur les procédés de transbordement à niveau différent, en fosse ou en estacade, qui donnent de bons résultats, et sur l'avantage des voies à quatre files de rails et des chariots dans les gares de transbordement. La question reste ouverte pour le prochain Congrès.

Question XXX.

Affluents de transport. — *a.* Les chemins de fer secondaires étant considérés comme affluents de transport, comment doivent être classées les stations de jonction pour les chemins de fer à écartement différent ?

— *b.* Quand faut-il un service de communauté ou des services séparés ?

— *c.* Dans le cas des services séparés, n'y a-t-il pas lieu de les assimiler aux raccordements industriels ?

Aucune règle générale ne saurait être formulée, les combinaisons adoptées au point de contact des lignes à écartement différent dépendant des conditions spéciales où l'on se trouve. Notre collègue, M. Cossmann, a encore fait l'exposé verbal de cette question ; et le Congrès, sans formuler aucun avis déterminé, a recommandé un traitement bienveillant pour les petites Sociétés, de la part des grandes Compagnies, en exprimant le vœu qu'on diminue les charges de la petite ligne en raison de l'appoint de trafic qu'elle fournit à la grande.

Question XXXI.

Normes du matériel roulant des Chemins de fer secondaires. — N'y a-t-il pas lieu de provoquer une entente pour l'adoption de normes, spécialement en ce qui concerne les appareils de choc et d'attelage, afin de faciliter l'échange du matériel roulant ?

La réponse a été absolument négative pour ce qui concerne les

chemins à voie étroite qui n'ont que peu ou point de raccordements entre eux et qui, en principe, sont nécessairement des lignes à transbordement aux points de jonction.

Question XXXII.

Contrôle des voyageurs des Chemins de fer secondaires. — Quels sont les moyens les plus efficaces pour assurer le contrôle des voyageurs, et, notamment, quel est le meilleur système de coupons à employer à cet effet?

L'opinion du Congrès est qu'il convient de faire la perception des recettes en route, comme dans les tramways des villes et dans les trains-tramways de nos grandes lignes. Plusieurs systèmes ont été proposés pour faciliter la besogne du conducteur, tout en assurant le contrôle et en empêchant la fraude; ils ont tous des avantages et des inconvénients. Celui en usage sur le réseau piémontais, et dont il est parlé à la 17e question, a semblé particulièrement ingénieux.

*
* *

Voilà, Messieurs, le résumé aussi succinct et aussi fidèle que possible des délibérations du Congrès international des chemins de fer.

La clôture du Congrès a été prononcée dans la séance du 24 septembre après le discours du Président, M. le sénateur Brioschi, et les remerciements exprimés au nom des membres par M. Fassiaux, président de la Commission internationale.

La veille, on avait voté, par acclamation, sur la proposition du Président, de fixer la réunion du prochain Congrès à Paris en 1889. Puis, suivant l'avis de M. Heurteau, on a réélu en bloc les membres de la Commission internationale.

En résumé, on a beaucoup travaillé à Milan et l'on se propose de travailler beaucoup encore à la préparation des questions, en nombre très limité, afin d'être mieux approfondies, qu'on traitera à Paris dans deux ans.

Ce sera alors notre tour de recevoir les hôtes qui nous ont si brillamment accueillis cette année et, pour cela, nous devrons nous efforcer de faire aussi bien qu'eux, car il serait assurément impossible de songer à faire mieux.

*
* *

En terminant, permettez-moi de vous faire remarquer, Messieurs, combien j'ai dû appliquer souvent, au cours de ce compte rendu, l'épithète de « *collègue* » à ceux des membres du Congrès dont j'ai cité les travaux. C'est qu'en effet, parmi les 372 délégués du Congrès de Milan, la Société des Ingénieurs civils de France comptait 42 de ses membres, dont 19 représentaient des Compagnies françaises (1).

Paris, 4 novembre 1887.

---

(1) Membres de la *Société des Ingénieurs civils* délégués au Congrès international des Chemins de fer à Milan :

France. — MM. Bandérali *(Nord)*, Bordet *(Ouest-Algérien)*, Bouissou *(Ouest)*, Cerbelaud *(Ceinture)*, Cossmann *(Nord)*, Courras *(Orléans)*, Delebecque *(Nord)*, Gouin *(Bône-Guelma)*, Guary *(Compagnie d'Anzin)*, A. Jacqmin *(Est)*, Kowalski *(Bône-Guelma)*, E. Level *(Chemins économiques)*, Mallet *(Bayonne-Biarritz)*, Mathias Félix *(Nord)*, Mathias Ferd. *(Nord)*, Mayer *(Ouest)*, Morandière *(Ouest)*, Parent *(Etat)*, Polonceau *(Orléans)*.

Belgique. — Belpaire *(Etat)*, Bernard *(Nord-Belge)*, Clermont *(Liège-Maëstricht)*, Despret Victor *(Grand Central)*, Geoffroy *(Nord-Belge)*, Lechat *(Wagons-lits)*, Nagelmackers *(Wagons-lits)*, Prisse *(Anvers-Gand)*, Urban *(Chemins économiques)*.

Italie. — Despret Ed. *(Tessin)*, Kossuth *(Méditerranée)*, Mantegazza *(Méditerranée)*, Moyaux *(Tessin)*, Pesaro *(Suzzara-Ferrara)*, Steens *(Chemins de fer économiques & Tramways)*, Stocklet *(Tessin)*, Valère Mabille *(Poggibonsi au val d'Elsa)*.

Espagne. — Biarez *(Nord)*, Grébus *(Madrid-Saragosse)*, Lévi-Alvarès *(Madrid-Saragosse)*.

Brésil. — Pinheiro *(Sud et Rio Grande)*.

Hollande. — Kalff *(Etat néerlandais)*.

Russie. — Rycerski *(Varsovie-Bromberg)*.

TABLE DES QUESTIONS

Traitées par le Congrès de Milan (1887)

			Pages.
Question	I.	Dispositions statutaires et réglementaires (1)	381
—	II.	Traverses métalliques	381
—	III.	Ponts métalliques	382
—	IV.	Entretien des voies	382
—	V.	Mesures contre les neiges	383
—	VI.	Voies très fatiguées	383
—	VII.	Roulement des mécaniciens	384
—	VIII.	Matériel à voyageurs	384
	IX.	Locomotives	385
—	X.	Graissage	386
—	XI.	Primes	386
—	XII.	Freins continus	386
—	XIII.	Eclairage et chauffage des trains	387
—	XIV.	Contrôle des voyageurs	388
—	XV.	Trains de voyageurs	388
—	XVI.	Mouvement des marchandises	389
—	XVII.	Lignes à faible trafic	390
—	XVIII.	Manœuvres de gares	391
—	XIX.	Eclairage des gares	392
—	XX.	Personnel	392
—	XXI.	Rémunération des employés	
—	XXII.	Institutions de prévoyance	
—	XXIII.	Impôts et taxes	
—	XXIV.	Relations internationales	
—	XXV.	Renseignements techniques	
—	XXVI.	Dispositions générales des chemins de fer secondaires	394
—	XXVII.	Traction — —	395
—	XXVIII.	Freins — —	395
—	XXIX.	Transbordement	395
—	XXX.	Affluents de transports	396
—	XXXI.	Normes du matériel roulant des chemins de fer secondaires	396
—	XXXII.	Contrôle des voyageurs — —	397

(1) Voir aussi l'*Annexe* I, page 400.

ANNEXE I

DISPOSITIONS STATUTAIRES ET RÉGLEMENTAIRES

ADOPTÉES PAR LE CONGRÈS DE MILAN — 1887 (1)

But et définition.

ARTICLE PREMIER. — Le *Congrès international des chemins de fer* est une Association permanente ayant pour but de favoriser les progrès des chemins de fer.

ART. 2. — L'Association se compose d'administrations de chemins d'Etat et d'administrations concessionnaires ou exploitantes de chemins de fer d'intérêt public qui ont fait acte d'adhésion.

Les gouvernements adhérant à l'Association, se feront représenter par des délégués.

ART. 3. — L'Association est représentée par une Commission internationale qui est élue par le Congrès. Cette Commission a son siège à Bruxelles.

Les fonctions de ses membres sont honorifiques.

Commission internationale.

ART. 4. — La Commission est chargée d'organiser les congrès, de désigner les questions à examiner, d'en préparer l'étude, de faire rédiger et de publier les comptes rendus des débats, de dresser le budget, de fixer les cotisations en conformité de l'article 17, de surveiller la gestion des finances et, généralement, de faire procéder à tous les travaux, études et publications qu'elle jugera utiles dans l'intérêt de l'œuvre poursuivie par l'Association.

ART. 5. — La Commission internationale se compose de 29 membres, savoir :

1 président ;
2 vice-présidents ;
1 secrétaire général ;
25 autres membres.

Les membres sont, autant que possible, choisis dans les différentes

(1) Ce règlement a été présenté par la Commission en vertu de l'article premier du questionnaire de la deuxième session du Congrès, rédigé comme il suit : « Examen du projet de règlement des sessions du Congrès des chemins de fer et du projet de statuts de la Commission internationale.

nationalités des adhérents. En aucun cas, il ne peut y avoir plus de neuf membres appartenant à la même nationalité.

Lorsque le lieu de réunion d'une session du Congrès a été déterminé, la Commission internationale peut s'adjoindre, à titre temporaire, des membres choisis dans le pays où la prochaine assemblée sera tenue.

La Commission nomme ses secrétaires et son trésorier. Ils n'ont, en cette qualité, que voix consultative.

ART. 6. — La Commission internationale élit, dans son sein, les membres de son bureau dans la première séance qui suit une session du Congrès.

La Commission se réunit sur la convocation du président, aussi souvent que l'intérêt de l'Association l'exige et au moins une fois par an.

Elle doit être convoquée lorsque cinq de ses membres le demandent. Les séances de la Commission sont présidées par le président. En cas d'empêchement, le président est remplacé par un des vice-présidents.

Les résolutions de la Commission sont prises à la majorité des voix des membres présents. En cas de partage, la voix du membre qui préside est prépondérante.

Les délibérations de la Commission sont constatées par des procès-verbaux. Elles ne sont valables que si neuf membres au moins y prennent part.

Si, dans une première réunion, ce nombre n'est pas atteint, il pourra être délibéré à la réunion suivante, convoquée à quinze jours d'intervalle, quel que soit le nombre de membres présents.

ART. 7. — La Commission internationale est renouvelée par tiers à chaque session du Congrès.

Elle fixera, dans sa première séance après ce renouvellement, l'ordre de sortie de ses membres lors des élections suivantes.

Les membres sortants sont rééligibles.

La Commission a, en tout temps, la faculté de se compléter par la désignation provisoire de membres choisis parmi les délégués des adhérents. Dans ce cas, il est procédé à l'élection définitive lors de la plus prochaine session.

Comité de direction.

ART. 8. — Dans la première séance qui suit une session, la Commission délègue sept de ses membres, qui forment un Comité de direction.

Le Comité de direction est composé du président, du secrétaire général et de cinq membres.

Les secrétaires et le trésorier de la Commission y sont adjoints, avec voix consultative.

Le mandat des membres du Comité de direction a une durée égale à l'intervalle de deux sessions du Congrès. Il peut être renouvelé.

Le Comité se réunit au moins tous les trois mois. Il peut être convoqué

extraordinairement sur l'initiative du président ou à la demande de trois membres.

ART. 9. — Le Comité est chargé spécialement de l'expédition des affaires courantes, de la gestion des finances, ainsi que de la surveillance et de la direction de tous les travaux, études et publications, de la rédaction du *Bulletin*, de la conservation de la bibliothèque et des archives. Il fait imprimer entièrement ou partiellement les mémoires et documents destinés au Congrès, qu'il lui paraît nécessaire de distribuer pour éclairer les discussions. Il se tient à la disposition des adhérents pour leur fournir les renseignements spéciaux qui lui seraient demandés.

Le Comité nomme et révoque le personnel.

L'exécution des décisions du Comité est confiée à son bureau.

Sessions du Congrès.

ART. 10. — Le Congrès se réunit tous les deux ans. Dans chaque session, il désigne le lieu et la date de la session suivante.

En cas d'empêchement imprévu, la Commission internationale pourra modifier ces dispositions.

ART. 11. — Ont le droit de prendre part aux sessions du Congrès :

1° Les membres de la Commission internationale ;

2° Les délégués désignés par les adhérents ;

3° Les secrétaires et le trésorier, ainsi que les secrétaires de sections nommés par la Commission ou par son Comité et chargés de l'exposé des questions du programme.

Les gouvernements fixent eux-mêmes le nombre de leurs délégués.

Les administrations de chemins de fer peuvent nommer des délégués au nombre de 8 au plus, suivant l'étendue de leur réseau, à savoir :

2 délégués pour les exploitations ne dépassant pas 100 kilomètres.
4 — — — 500 —

et 1 délégué en plus pour chaque groupe de 500 kilomètres ou par fraction en plus.

ART. 12. — A l'ouverture de chaque session, le bureau de la Commission internationale remplit les fonctions de bureau provisoire et le Congrès procède immédiatement à l'élection de son bureau, composé :

1° D'un ou de plusieurs présidents d'honneur ;

2° D'un président ;

3° De vice-présidents ;

4° Des présidents de section, en conformité de l'article 14.

5° D'un secrétaire général ;

6° De secrétaires.

Le premier délégué de chaque gouvernement sera de droit vice-président.

Tous les membres du bureau sont nommés pour une session.

L'élection a lieu dans les conditions indiquées à l'article 16, alinéa 6.

Les fonctions des membres du bureau sont celles déterminées par les règles en usage dans les assemblées délibérantes pour la direction des débats.

ART. 13. — A l'ouverture de chaque session et après la formation du bureau, le Congrès se divise en sections (voies et travaux, traction et matériel, exploitation, questions d'ordre général, etc.).

Un membre peut s'inscrire à la fois dans plusieurs sections.

Le Congrès peut aussi constituer des commissions spéciales.

ART. 14. — Chaque section nomme son président, son secrétaire principal et ses secrétaires. Les présidents de section sont, de droit, membres du bureau de la session.

Les sections et les commissions se dissolvent à la fin de chaque session.

ART. 15. — Les discussions du Congrès portent sur les questions inscrites au programme de la session.

Ce programme est arrêté par la Commission internationale; il y est tenu compte des indications résultant des délibérations du précédent Congrès et de ses sections.

La Commission reçoit les propositions des adhérents; un rapporteur désigné par la Commission rédige un exposé sommaire et sans conclusions des éléments de chaque question, ainsi que l'analyse des documents qui lui ont été transmis.

ART. 16. — Les discussions ont lieu en français ou dans la langue du pays où se tient le Congrès. Des interprètes traduiront en français les discours prononcés dans une autre langue.

Les procès-verbaux et les comptes rendus sont rédigés en français, mais les orateurs ont le droit d'exiger la reproduction de leurs déclarations originales en regard de la traduction.

Les discussions ont lieu d'abord en sections.

Les bureaux des sections rédigeront un résumé des débats formulant les diverses opinions émises dans la section. Après approbation par la section, ces résumés seront présentés à l'assemblée plénière et insérés dans le procès-verbal, en y ajoutant, s'il y a lieu, la mention des opinions nouvelles émises au sein de l'assemblée plénière.

Le Congrès n'émet de votes qu'en ce qui concerne les questions relatives au règlement ou se rattachant à l'organisation de l'institution.

Les votes sur ces questions spéciales ont lieu à la majorité des voix des membres assistant au Congrès. Il est procédé au vote par assis et levé ; s'il existe un doute sur le résultat du vote, il est passé au scrutin. Le vote par appel nominal n'a lieu que s'il en est fait la demande par douze assistants.

Cotisations, Revision des Statuts, etc.

ART. 17. — Les frais des sessions, de la Commission internationale et du Comité sont à la charge d'une caisse alimentée :

1° Par les cotisations annuelles des adhérents;

2° Par des subventions et autres libéralités.

Les cotisations annuelles des adhérents se composent :

1° Pour les Gouvernements, d'une allocation fixée par eux-mêmes;

2° Pour les administrations de chemins de fer, d'une part fixe de 100 francs, plus une part variable proportionnelle à l'étendue de leur réseau. Cette cotisation variable, destinée à couvrir le budget de l'Association, ne pourra pas dépasser 25 centimes par kilomètre.

L'année sociale commence le 15 avril.

ART. 18. — Les cotisations donnent le droit aux adhérents de recevoir gratuitement les comptes rendus des sessions à un nombre d'exemplaires indiqué par le nombre de leurs délégués augmenté d'une unité.

Les autres publications seront envoyées aux administrations adhérentes en raison de leur importance calculée d'après les bases de l'article 11, et des abonnements à prix réduits pourront être accordés.

ART. 19. — La Commission internationale présente, à chaque session du Congrès, un rapport sur l'administration des finances. Le Congrès nomme deux commissaires chargés de la vérification des comptes.

ART. 20. — Toute proposition de revision des statuts doit être présentée à la Commission internationale, avec motifs à l'appui, trois mois au moins avant l'ouverture de la session, de façon à pouvoir être portée par la Commission à la connaissance des adhérents un mois au moins avant cette ouverture. La proposition, avant sa prise en considération par le Congrès, doit être appuyée par la Commission ou par vingt-cinq membres.

ART. 21. — Les adhérents s'efforcent de faciliter les réunions du Congrès et la mission de la Commission internationale.

Disposition transitoire.

Pour la première fois, toute la Commission internationale sera élue à la session du Congrès de 1887.

ANNEXE II

COMMISSION INTERNATIONALE

La Commission internationale élue par le Congrès (art. 3 des statuts est composée de la façon suivante :

PRÉSIDENT :

M. *Fassiaux*, secrétaire général du département des chemins de fer, postes et télégraphes de Belgique.

VICE-PRÉSIDENTS :

MM. *Belpaire*, administrateur des chemins de fer de l'Etat belge ; *Brame*, inspecteur général des ponts et chaussées de France, président du Comité d'exploitation technique des chemins de fer.

MEMBRES :

MM. *F. Almgren* (Suède), *B. Ambrozovics* (Hongrie), *Berger* (Belgique), *Borgnini* (Italie), *Brioschi* (Italie), *De Bruyn* (Belgique), *De Perl* (Russie), *Dietler* (Suisse), *Dubois* (Belgique), *Tony Dutreux* (Luxembourg), *Sir A. Fairbairn* (Angleterre), *Griolet* (France), *R. Jeitteles* (Autriche), *Lamal* (Belgique), *Massa* (Italie), *Peruzzi* (Italie), *Philippe* (Belgique), *Pinheiro* (Brésil), *B*^{on} *Prisse* (Belgique), *Ratti* (Italie), *Thielen* (Allemagne), *Urban* (Belgique), *Van Kerkwijk* (Pays-Bas), *Von Leber* (Autriche), *Werchowsky* (Russie).

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

M. *Aug. de Laveleye*, ingénieur.

ÉTUDE

SUR

LES APPAREILS DE CONDENSATION

PAR

M. PAUL HORSIN-DÉON

Objet de cette étude.

Lorsque l'on cherche dans la pratique à se rendre compte de la quantité de vapeur condensée, sur une surface refroidie, par heure, par mètre carré de cette surface, et par degré de différence de température, on se trouve en présence de résultats extraordinairement discordants, suivant les circonstances dans lesquelles s'est opérée cette condensation.

De même, si l'on recherche ce qu'ont écrit les auteurs sur ce sujet, on relate des différences considérables dans leurs appréciations.

C'est ainsi que Péclet, relatant les expériences de Thomas et Laurens, remarque que l'une d'elles faite avec une vapeur de chauffage à 135° a donné une condensation de 8,70 *kg*, tandis qu'une autre, dans laquelle la vapeur avait 121°, a donné une condensation de 9,33 *kg* par mètre carré, par heure et par degré de chute (ou différence) de température. C'est ainsi également que si nous considérons un appareil d'évaporation à triple-effet, nous trouvons que chaque mètre carré, par heure et par degré de chute de température, condense dans la première caisse 3,84 *kg*, dans la seconde 2,85 *kg*, dans la troisième 1,89 *kg*, la vapeur initiale de chauffage étant à 112°.

Quelle est la cause de ces différences considérables dans la condensation ? C'est ce que nous avons cherché à expliquer dans ce travail.

Sur la condensation de la vapeur dans les appareils d'évaporation.

Quand on calcule la quantité de liquide évaporée dans un appareil chauffé par la vapeur, on remarque que, dans un temps donné, cette

quantité de liquide est proportionnelle à la surface de chauffe, à la différence de température entre la vapeur de chauffage et le liquide chauffé, ce que nous appelons la chute de chaleur, et enfin à un certain coefficient variable avec la forme et la nature de cette surface de chauffe, suivant par exemple qu'elle est bien nettoyée ou revêtue d'incrustations, ce coefficient représentant le pouvoir évaporatoire particulier de chaque appareil.

En s'en tenant à ces données générales, si l'on calcule le travail des appareils d'évaporation à effets multiples, on voit que si les caisses de l'appareil sont égales, si leurs surfaces de chauffe ont le même coefficient évaporatoire, comme l'évaporation est la même dans chaque caisse, les chutes de chaleur doivent être aussi égales entre chaque caisse. C'est ce que, du reste, on trouve dans tous les ouvrages qui ont été écrits sur la matière.

Or il n'en est pas ainsi dans la pratique.

En effet, l'examen d'une quantité considérable d'appareils d'évaporation à effets multiples nous a montré qu'avec des surfaces égales, identiques, comme forme et comme nature de surface de chauffe, les chutes de chaleur, loin d'être égales, vont au contraire en augmentant quand on s'éloigne de la première caisse.

Par exemple, dans un triple-effet à trois caisses égales, identiques, les chutes sont :

1re caisse.	9,08
2e —	12,08
3e —	18,00

Ce qui fait que l'évaporation par heure, par degré de chute et par mètre carré de surface de chauffe, est dans chaque caisse respectivement de 3,84 *kg*, 2,85 *kg*, 1,89 *kg*, comme nous le disions précédemment.

D'autre part, nous avions remarqué qu'avec les mêmes chutes on pouvait obtenir une plus grande évaporation par mètre carré et par heure, en augmentant la température de la vapeur de chauffage, et obtenir jusqu'à 5 kilogrammes d'évaporation dans le premier corps, mais qu'avec de la vapeur d'une température donnée, on obtenait toujours le même résultat.

La température de la vapeur de chauffage était donc un facteur à introduire dans l'équation du problème.

C'est alors qu'après de longues recherches nous avons constaté

que les chutes de température entre chaque caisse d'un appareil d'évaporation à effets multiples à caisses égales et identiques étaient inversement proportionnelles au volume du kilogramme de vapeur de chauffage.

Cette dernière observation nous ouvrit la véritable voie dans nos recherches. Nous en avons conclu, en effet, cette loi tout à fait générale, qui se vérifie dans toutes les expériences et dans tous les appareils, que *la quantité de liquide évaporée* sur une surface de chauffe est non seulement proportionnelle à la surface de chauffe, à la chute de température et au coefficient d'évaporation de cette surface, comme nous le disions plus haut, mais encore *est inversement proportionnelle au volume spécifique de cette vapeur de chauffage.*

Et le fait s'expliquait facilement en considérant : que la différence de volume d'un kilogramme de vapeur dépend de l'écartement de ses molécules ; que les molécules d'une vapeur dont le volume spécifique est double de celui d'une autre vapeur mettent deux fois plus de temps que celles de l'autre vapeur pour arriver au contact de la paroi condensante, ces deux vapeurs étant sollicitées par la même différence de pression, puisque l'espace qui sépare les molécules les unes des autres est deux fois plus grand ; et qu'enfin, puisque le temps de la condensation est double, il faudra donc pour faire le même travail dans le même temps ou une surface condensante double ou une chute de chaleur double. C'est en effet ce qui ressort des chiffres précédents : avec des surfaces égales les chutes sont doubles, le volume du kilogramme de vapeur étant dans le rapport de 1,200 à 2,400 dans la première et dans la troisième caisse.

Partant de là, nous avons formulé ainsi qu'il suit les lois de la condensation.

Lois de la condensation.

Lorsqu'une molécule de vapeur d'eau se condense, elle disparaît sous forme d'eau. Pour simplifier, nous supposerons que cette eau s'écoule immédiatement. Alors la place qu'occupait cette molécule est prise par la molécule la plus rapprochée qui se précipite au contact de la paroi condensante, sollicitée par la différence de pression qui résulte entre la pression qu'elle supporte et la résistance due au travail de la condensation, et enfin suivant les lois de la dynamique.

Si le régime de l'appareil est réglé de manière que dans l'espace où se fait la condensation règne une pression constante p, correspondant à la température t, qui est celle de la vapeur qui afflue continuellement pour remplacer celle qui se condense, chaque molécule de vapeur sera sollicitée, d'une part, par la pression p à prendre la place des molécules disparues par la condensation.

D'autre part, les molécules de vapeur se trouvant au contact de la paroi froide, à la température constante t', se refroidissent elles-mêmes à cette température t' de la paroi, tendant à prendre la force élastique $p' < p$ correspondant à la température t'. En se refroidissant une partie de cette vapeur se condense, abandonnant son calorique latent à la paroi froide (1).

Comme le mouvement de la vapeur dans l'appareil provient de l'acte même de la condensation qui provoque l'arrivée de vapeur nouvelle pour remplacer celle qui est condensée, comme cette vapeur arrive à la pression p, qu'elle tend à prendre au contact de la paroi la contre-pression p', c'est donc en définitive la différence $(p - p')$ qui sollicite les molécules de vapeur à s'approcher de la paroi.

La vitesse avec laquelle une molécule de vapeur prendra la place de la précédente sera donc :

$$V = \sqrt{2g(p - p')}$$

D'autre part, il est évident que l'espace parcouru par une molécule de vapeur qui prend la place d'une molécule condensée est égal à l'espace laissé libre par cette vapeur condensée. Or nous ne connaissons pas le volume de la molécule de vapeur, mais nous connaissons le volume spécifique v qui lui est proportionnel ; si donc n est le nombre de molécules inconnu contenu dans v, on aura pour l'espace parcouru par la molécule :

$$E = \frac{v}{n}$$

Si alors dans la formule $E = VT$ on remplace E et V par les valeurs ci-dessus, on a :

$$T = \frac{v}{n\sqrt{2g(p - p')}}$$

Enfin, dans un appareil, si K est la quantité de vapeur condensée

(1) Dans le chauffage au moyen de la vapeur, il se passe trois phénomènes successifs : la condensation de la vapeur de chauffage, la transmission de la chaleur à travers la paroi condensante et la réception de cette chaleur par le liquide chauffé. C'est le premier de ces phénomènes que nous étudions seul ici.

par mètre carré et par degré de chute dans le temps T, dans l'unité de temps la quantité de vapeur condensée sera :

$$\frac{K}{T} \quad \text{ou} \quad \frac{Kn\sqrt{2g(p-p')}}{v}$$

par conséquent la quantité de vapeur e condensée dans un appareil de surface S, avec une chute de température c, sera dans l'unité de temps :

$$(1) \qquad e = \frac{S.c.\,Kn\sqrt{2g(p-p')}}{v}$$

Telle est la formule générale de la condensation dans laquelle nous connaissons tout excepté Kn, dont nous rechercherons plus loin la valeur.

Discussion de la formule.

De la formule (1) on tire :

$$(2) \qquad e^2 = 2g\,(S.c.\,Kn)^2 \times \frac{(p-p')}{v^2}$$

Si l'on construit la courbe de la condensation e en considérant S, c, Kn comme constants, seule la tension p de la vapeur de chauffage changeant, e et $\frac{(p-p')}{v^2}$ sont deux variables et la formule représente une courbe parabolique. Quand p augmente, $(p-p')$ augmente et v diminue. La valeur $\frac{(p-p')}{v^2}$ augmente donc considérablement pour un petit accroissement de p. Et, en effet, quand on construit cette courbe, elle se présente sous la forme d'une parabole dont la courbe est très rapide.

C'est ce qui explique pourquoi, sans changer la chute de chaleur totale d'un appareil, on peut augmenter son évaporation en augmentant la pression de la vapeur de chauffage.

Cela explique aussi pourquoi, dans les appareils à effets multiples, les chutes de chaleur sont d'autant plus grandes que l'on approche davantage de la dernière caisse d'évaporation où la tension de la vapeur est très faible.

Cela explique encore les divergences des résultats obtenus par les différents expérimentateurs. Si les nombres fournis par Thomas et Laurens ne sont pas concordants avec ceux fournis par les appareils d'évaporation, ni même concordants entre eux, c'est parce que, dans

chaque cas, la vapeur de chauffage était à des pressions différentes avec des chutes très variables.

Enfin, cela donne encore l'explication des déboires qu'ont éprouvés les ingénieurs qui ont voulu construire des condenseurs à surface pour des vapeurs détendues en se servant des données fournies par les précédents expérimentateurs ; c'est parce que dans ce cas, v étant très grand, e devient très petit.

Ecrivons encore la formule (1) sous la forme :

$$(3) \qquad K = \frac{e}{Sc} \times \frac{v}{n\sqrt{2g(p-p')}} \text{ ou } = \frac{e}{Sc} \times T$$

K est donc la condensation par mètre carré et par degré de chute, multipliée par le temps qui est nécessaire pour que la condensation s'opère, dans les conditions du chauffage.

Comme, dans un appareil d'évaporation à effets multiples, on peut considérer sans beaucoup d'erreur que la condensation est égale dans chaque caisse dans le même temps, comme aussi nous avons vu dès le début que $\frac{Sc}{V}$ ou bien $\frac{Sc}{T}$ ou enfin $\frac{T}{Sc}$ étaient aussi égaux d'une caisse à l'autre, il en résulte que K doit être aussi égal dans chaque caisse du même appareil. C'est, en effet, ce que l'on remarque dans les appareils bien construits.

Il en résulte aussi, en considérant la formule (3), que si dans les caisses d'un appareil à effets multiples on a e, S, $\frac{v}{c}$ égaux, $(p-p')$ doit être égal dans chaque caisse. C'est en effet ce que l'on remarque encore. Mais si les condensations e ne sont pas égales, $\sqrt{2g(p-p')}$ sera proportionnel à e.

Ces calculs montrent donc comment, en relevant la marche d'un appareil, on peut s'assurer de son bon fonctionnement.

De tout cela il résulte que si nous comparons deux appareils à triple-effet ayant au premier corps $\frac{e}{Sc}$ égal, ainsi que $(p-p')$, mais dont les vapeurs de chauffage soient à des températures différentes, ou v différent, on trouvera alors que dans ces appareils K est proportionnel à v. Donc, dans un triple effet, K est d'autant plus grand que la température de la vapeur de chauffage est plus basse.

Cette remarque est très importante, car elle nous permettra de

faire exactement le calcul des appareils, puisque le point de départ de ces calculs est la température de la vapeur de chauffage du premier corps. Connaissant K pour toutes les températures, nous en tirerons toutes les autres inconnues du problème.

Valeur de K.

Remarquons que dans toutes ces formules le nombre n, qui est constant et inconnu, nous gênera toujours pour établir la valeur de K que nous cherchons. Nous allons alors dans la formule (3) faire passer n dans le premier membre, et nous aurons ainsi, non plus la valeur de K que nous ne pouvons connaître à cause de n, mais la valeur proportionnelle de Kn. Si nous posons K$n = k$, nous aurons :

$$(4) \qquad k = \frac{e}{S\,c} + \frac{v}{\sqrt{2g\,(p - p')}}$$

C'est sur cette formule que nous raisonnerons dorénavant.

Que devient k lorsque l'on change la température de la vapeur de chauffage ?

Supposons un appareil chauffé avec de la vapeur de volume spécifique v, ayant une force élastique p, on aura k d'après la formule (4).

Si l'on chauffe le même appareil avec de la vapeur de volume spécifique v_1 ayant une force élastique p_1, en supposant $\frac{e}{S\,c}$ constant, et le liquide chauffé à la même température, soit p' constant, on a :

$$k_1 = \frac{e}{S\,c} + \frac{v_1}{\sqrt{2g(p_1 - p')}}$$

Si l'on fait le rapport de k_1 à k et qu'on en tire la valeur de k_1, on a :

$$k_1 = k\,\frac{v_1}{v}\,\frac{\sqrt{p - p'}}{\sqrt{p_1 - p'}}$$

Remarquons que précédemment nous avons fait observer que

$$\frac{v_1}{v} = \frac{V}{V_1} = \frac{\sqrt{2g\,(p - p')}}{\sqrt{2g\,(p_1 - p')}} = \frac{\sqrt{p - p'}}{\sqrt{p_1 - p'}}$$

On peut donc écrire :

$$(5) \qquad k_1 = k\left(\frac{v_1}{v}\right)^2$$

Telle est la valeur de k_1 en fonction de k. Si donc nous connaissons une valeur de k, nous pourrons en déduire toutes les autres.

Remarquons d'ailleurs que dans cette formule, k_1 et v_1 sont variables, k et v constants. Si nous l'écrivons sous la forme

$$v_1^2 = \frac{v^2}{k} k_1$$

on aura la formule d'une parabole. En traçant cette courbe, nous aurons les coefficients k de tous les appareils quelle que soit la température de la vapeur de chauffage.

Nous avons supposé $\frac{e}{S c}$ constant dans les appareils, que nous comparons. Si cette valeur est différente, la formule (5) précédente devient :

$$(6) \qquad k_1 = k \frac{\left(\frac{e}{S c}\right)_1}{\left(\frac{e}{S c}\right)} \left(\frac{v_1}{v}\right)^2$$

Telle est la formule générale qui va nous permettre de trouver le coefficient d'un appareil dans tous les cas, et de comparer les données fournies par tous les expérimentateurs.

Pour nous servir de la formule (5) ou de la formule (6), il nous faut une valeur de k certaine.

L'un des appareils dont la marche a été la plus correcte parmi ceux que nous avons eus entre les mains est le triple-effet de la sucrerie de Brazey-en-Plaine (Côte-d'Or). Ce triple-effet, construit anciennement par la maison Cail, a trois corps égaux et a été modifié sur le système Rillieux qui en a fait un très bon appareil, d'un pouvoir évaporatoire considérable.

Comme k est égal pour les trois caisses, ainsi que nous le faisions observer précédemment, nous n'avons qu'à en rechercher la valeur dans une des caisses, la première par exemple.

Dans cette caisse on avait :

$\frac{e}{S c} = 3{,}84$ *kg* d'eau condensée par mètre carré et par degré de chute de température.

$$\frac{v}{\sqrt{2g\,(p - p')}} = 41{,}26$$

Donc $k = 3{,}84 \times 41{,}26 = 158{,}5$.

Cette valeur de $k = 158{,}5$ correspond à la température de 111°,85.

Elle s'accorde bien avec la marche de tous les autres appareils, et permet d'appliquer la formule (5) ou la formule (6).

Si, par exemple, nous nous reportons aux anciennes expériences de Thomas et Laurens, dont nous parlions au début de ce travail, nous trouvons que, dans l'une, où la valeur de chauffage est à 135°, la valeur k tirée des données mêmes de l'expérience est de 83,26. L'application de la formule (6) donne $k = 84{,}26$, différant donc très peu des résultats pratiques. Au sujet de ces différences, il ne faut pas oublier que les expériences de Thomas et Laurens ont été faites sur des appareils industriels dont les éléments ne sont pas bien déterminés, et surtout en ne tenant qu'un compte approximatif de la température de la vapeur de chauffage qui n'était évaluée que d'après les indications des manomètres.

C'est ainsi que dans une seconde expérience de Thomas et Laurens où la vapeur de chauffage était « à une pression de deux atmosphères et à 121° », on trouve, d'après les données de l'expérience, $k = 187{,}44$. Notre formule (6) indique que k devrait être égal à 197°,5. Il suffirait qu'au lieu de 121° on ait de la vapeur à 118° environ dans les serpentins pour avoir une valeur de k beaucoup plus rapprochée de celle fournie par la formule (6), et rien dans les données de l'expérience n'empêche de supposer cette approximation. Les chiffres que nous obtenons sont donc assez rapprochés de la pratique pour montrer la concordance réelle de nos formules.

Ces formules permettent donc d'expliquer les écarts considérables que l'on observe dans le rendement des appareils d'évaporation, écarts que nous signalions au commencement de ce travail; elles permettent aussi de calculer exactement dans tous les cas possibles le pouvoir évaporatoire des appareils, et de résoudre le problème inverse.

Tel était le but que nous nous proposions au début de ce travail.

Terminons en disant que ces formules s'appliquent aux appareils d'évaporation et aux appareils de chauffage par la vapeur indistinctement, mais que la valeur de k que nous avons donnée n'appartient qu'aux appareils d'évaporation. Nous donnerons ultérieurement cette valeur pour les appareils de chauffage.

MÉMOIRE

SUR LA

SOLUBILITÉ DES PHOSPHATES

ET LEUR UTILISATION EN AGRICULTURE

Par M. Auguste MOREAU.

I

La culture aujourd'hui doit abandonner les anciennes méthodes, où elle attendait tout du temps, se contentait de rendements médiocres et, par suite, n'obtenait pour ses produits que des prix de revient trop élevés. Il lui faut lutter contre les importations de l'Amérique, de l'Inde et de l'Australie, où des terres vierges, récemment défrichées, donnent sans loyer et sans dépenses d'engrais d'abondantes récoltes de blé que l'abaissement du prix de transport permet d'amener sur notre marché à de très bonnes conditions. Ces importations ont jeté le désarroi parmi nos cultivateurs, qui, un instant, se sont crus impuissants. Heureusement les progrès de la science et l'étude des lois de la végétation que Boussingault, Liebig et beaucoup de savants contemporains ont élucidées, permettent de remédier à cet état de choses par l'emploi de méthodes rationnelles de culture, qui, en diminuant les prix de revient, rendront au monde agricole sa prospérité un instant menacée.

Parmi ces méthodes, les unes ont trait au travail mécanique du sol, d'autres à la succession des assolements, d'autres encore au choix des variétés les plus avantageuses; mais la plus importante peut-être consiste dans l'apport d'une quantité de matières fertilisantes égale à celle que la récolte enlève à la terre, matières en l'absence desquelles la végétation ne peut se développer : ce sont les engrais chimiques qui sont appelés à remplir ce but, et parmi les substances que ces engrais doivent contenir, la plus indispensable est l'acide phosphorique.

Bien longtemps avant qu'il n'en fût question en France, l'Angleterre employait des engrais phosphatés dans ses cultures; nos voisins sont en avance très grande sur nous au point de vue agricole. D'importantes usines fabriquaient des superphosphates, en Angleterre, à une époque où à peine quelques esprits éclairés entrevoyaient chez nous quel avenir était réservé à cette industrie qui égalera un jour la métallurgie en importance. La conséquence de ce fait est que le rendement moyen du blé est de 28 hectolitres à l'hectare en Angleterre, pendant qu'ici il n'atteint pas 15 hectolitres. Aussi les Anglais sont-ils devenus rapidement possesseurs du commerce des phosphates dans le monde entier, grâce à la supériorité de leur agriculture.

Hâtons-nous de dire que la cause de cette supériorité est due surtout au peu de division de la propriété de l'autre côté du détroit. L'Angleterre tout entière appartient à quelques centaines de gros propriétaires, puissamment riches, qui ont aisément à leur disposition les capitaux et les procédés les plus perfectionnés de culture: procédés qui, d'ailleurs, ne sont applicables dans de bonnes conditions que sur une grande échelle. Chez nous, la propriété est immensément divisée, ce qui présente d'autres avantages au point de vue social, mais rend souvent impossible ou inefficace l'emploi des machines ou des procédés savants. On ne voit pas très bien les services que pourraient rendre un semoir Garret ou une faucheuse Samuelson dans le champ d'un de nos paysans, champ qui n'a souvent que quelques centaines de mètres de surface.

Les Anglais ont donc été amenés beaucoup plus tôt que nous à faire usage des phosphates et à les employer en bien plus grande quantité : l'Angleterre d'ailleurs, fort pauvre en ces produits, a dû les aller chercher ailleurs, et ils ont été puissamment aidés dans cette voie par leur innombrable flotte de commerce qui, portant les produits de l'industrie britannique dans tous les coins du monde, rapporte des phosphates comme fret de retour.

Comme conséquence, les phosphates exotiques ont eu rapidement la tendance naturelle de prendre le chemin de Londres, devenue le marché le plus important de ce produit.

Or la France possède de nombreux et puissants gisements de phosphates qui ne sont pas entre les mains des Anglais.

On voit quel intérêt capital, on peut même dire vital, s'attache à cette

question et combien il importe de jeter le plus grand jour sur tout ce qui s'y rapporte. Tel est le but qu'a surtout poursuivi un de nos collègues, M. Henri Lasne, en publiant une étude raisonnée des divers aspects sous lesquels on peut l'envisager ; tel est le but que nous poursuivons aujourd'hui à notre tour en faisant connaître à nos collègues les principaux points de cet important travail auxquels nous avons ajouté les renseignements les plus nouveaux que nous possédons sur ce sujet.

Les combinaisons dans lesquelles l'acide phosphorique entre commercialement se rangent en deux classes :

1° Les produits *naturels* qui ne peuvent être dissous que dans les acides minéraux puissants et qui, finement broyés, ne sont efficaces que dans certains cas particuliers.

2° Les produits *traités industriellement*, qui par ce traitement sont devenus *solubles*, soit dans l'eau, soit dans une solution alcaline et froide de citrate d'ammoniaque.

Ce traitement industriel, appliqué à certains phosphates minéraux genre apatite, donne des superphosphates entièrement solubles dans l'eau, tandis qu'avec d'autres, les phosphorites, il donne des produits qui ne le sont que partiellement; mais le reste du phosphate attaqué est soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Or une opinion généralement accréditée est que, au point de vue de l'utilisation agricole, la solubilité dans l'eau est indispensable. C'est là une grave erreur, et c'est ce qu'il importe de démontrer par des raisonnements et par des faits.

II

Cette démonstration est d'autant plus utile qu'il n'y a pas seulement là une erreur scientifique, mais une manœuvre intéressée des commerçants anglais qui ne produisent que des phosphates solubles à l'eau. Beaucoup de chimistes, d'agriculteurs, de professeurs, même français, ont de très bonne foi emboîté le pas et fait en même temps le jeu et les affaires de nos concurrents. C'est ceux-là surtout que nous espérons convaincre, car pour les autres, ils ont trop de bons motifs pour avoir des yeux et ne point voir, des oreilles et ne rien entendre.

A ce point de vue, le travail de M. Henri Lasne est fort précieux; il démontre, en effet :

1° Par le raisonnement d'abord, ensuite par l'expérience, que la valeur agricole de l'acide phosphorique est la même, qu'il soit immédiatement soluble dans l'eau ou bien qu'il se trouve à l'état de précipité chimique récent, en combinaison avec la chaux, l'alumine ou le fer;

2° Que la solubilité dans la liqueur de citrate d'ammoniaque alcalin et froid est la véritable mesure de l'assimilabilité rapide des engrais et que cette méthode est préférable à toutes celles qui ont été proposées et en particulier à la solubilité à l'eau.

Cela posé, on sait que les phosphates de chaux, d'alumine et de fer sont les seuls qui intéressent l'agriculture; ces deux derniers sont très nombreux et le plus souvent insolubles dans l'eau.

Quant aux phosphates de chaux, ils sont au nombre de trois:

Le phosphate acide ou superphosphate

$$CaO, 2HO, PhO^5;$$

Le phosphate précipité

$$2CaO, HO, PhO^5;$$

Et enfin le phosphate tricalcique naturel

$$3CaO, PhO^5.$$

De ces trois composés le premier seul est soluble dans l'eau.

Les deux autres sont insolubles, mais le phosphate bicalcique est soluble en presque totalité dans le citrate d'ammoniaque alcalin et froid; le tricalcique ne se dissout que plus lentement dans le même réactif.

Et le produit soluble dans le citrate d'ammoniaque est dissous par l'eau chargée d'acide carbonique ou d'acides organiques faibles en une certaine proportion qui se renouvelle, quand on renouvelle la quantité d'eau, si bien qu'on finit par tout dissoudre.

Mais remarquons que quand on met l'acide phosphorique dissous dans l'eau soit à l'état d'acide phosphorique pur, soit à l'état de phosphate acide de chaux, en présence d'une nouvelle quantité de chaux, il s'y combine pour donner du phosphate bicalcique ou du phosphate tricalcique si la proportion de chaux est suffisante.

Avec le fer et l'alumine, on obtient des résultats analogues. Tout l'acide phosphorique passe à l'état de phosphate de fer et d'alumine, et par suite devient insoluble dans l'eau. Les phosphates de chaux insolubles eux-mêmes, mis en présence d'oxydes de fer ou d'alumine, se convertissent en phosphates de fer et d'alumine; et cela

même quand ces oxydes sont préalablement combinés avec d'autres acides.

Les phosphates de fer et d'alumine sont insolubles dans l'eau et dans les acides organiques faibles, mais solubles dans le citrate d'ammoniaque alcalin et froid, quand ils sont formés par voie de précipitation.

On se rend compte alors aisément de ce qui se passera au contact de la terre arable où le carbonate de chaux et l'alumine sont toujours en grande abondance par rapport à l'acide phosphorique : s'il en est ajouté, il deviendra immédiatement insoluble en se précipitant en combinaisons avec les différents oxydes qu'il rencontre.

III

La France est très riche en phosphates minéraux, et il y a là pour notre pays un élément considérable de richesse pour l'avenir, car c'est du phosphate minéral que proviennent les 19/20 des engrais vendus à l'agriculture. Et l'on sait, depuis quelques années, le développement qu'ont pris les engrais chimiques.

Les phosphates minéraux se divisent en deux grandes classes :

1° *Les apatites,* qui ont pour origine les entrailles mêmes du globe, représentent les phosphates à l'état de roche cristalline. Quand on concasse et qu'on broie l'apatite, on reconnaît par l'examen microscopique des plus menus fragments la forme anguleuse due à la nature de cette roche et à son origine. C'est un composé défini, une combinaison de phosphate et de fluorure de calcium Ca Fl, 2 (Pho^5, 3 CaO). Le chlorure de calcium se substitue quelquefois au fluorure d'une façon plus ou moins complète. L'apatite se présente dans les terrains anciens en petits cristaux très définis, incolores parfois, mais le plus souvent colorés en vert ou en rose pâle : les plus puissants agents chimiques sont seuls capables de l'attaquer. Elle ne se dissout donc jamais dans les liquides du sol et a toujours besoin d'être superphosphatée pour être utile. Elle est rare en France : on en trouve de petits cristaux disséminés dans les roches primitives et les terrains éruptifs, granites, gneiss, etc. Mais en certains pays on en rencontre de puissants amas, qui donnent lieu à des exploitations : tels sont les gisements du Canada ; de Cacérès, en Espagne ; de Bamble, en Nor-

wège, etc. Tous ces produits contiennent des proportions de phosphate, qui varient de 50 à 90 0/0.

2° Les *phosphorites* auxquelles appartiennent presque tous nos gisements français, et qui sont des dépôts obtenus par voie de précipitation. Par sa formation même, on comprend que ce soit une roche tendre, poreuse, presque spongieuse, et bien plus facilement attaquable. Dans les terrains granitiques, c'est-à-dire naturellement un peu acides, dans les sols nouvellement défrichés, et qui n'ont été encore ni marnés ni chaulés, la phosphorite broyée, employée en nature, donne de bons résultats en se dissolvant, lentement il est vrai, mais très sensiblement dans les liquides du sol; nous avons vu que l'apatite est inattaquable dans les mêmes conditions.

En outre, la phosphorite n'est pas une combinaison chimique absolument définie : elle a entraîné dans sa précipitation les corps que la mer tenait en dissolution en même temps qu'elle, et en particulier le fer et l'alumine.

A la suite de l'apatite, minerai de filon proprement dit, viennent se ranger un certain nombre de gisements qui paraissent s'être formés par voie éruptive ou plutôt par sources thermales chargées de phosphates de chaux qui ont déposé, dans certaines fissures des terrains calcaires, les substances qu'elles tenaient en dissolution.

A cette classe se rapportent, en France, les gisements du Lot et des environs de Tavel, qui d'ailleurs commencent à s'épuiser. Ce ne sont pas des apatites, en ce que ces phosphates ne sont pas cristallisés, mais ce ne sont pas des phosphorites; ces substances se présentent en rognons compacts, concrétionnés comme l'agate.

Ces produits sont donc intermédiaires entre les apatites proprement dites et les phosphorites vues plus haut.

IV

Les phosphates, quelle que soit leur provenance, doivent être traités industriellement avant d'être employés en culture. La rapidité de leur action devient ainsi beaucoup plus grande, et l'agriculteur qui les répand, surtout dans les terrains calcaires et cultivés depuis longtemps, regagne largement en récoltes abondantes, dès la première année, l'excédent de prix qui correspond au traitement chimique.

La méthode la plus généralement employée consiste à traiter les phosphates finement broyés par l'acide sulfurique à un degré suffisant, 45 à 60° suivant le cas, pour que la masse, d'abord pâteuse, fasse prise à la suite des réactions qu'elle subit.

On obtient ainsi du phosphate acide de chaux, de l'acide phosphorique libre et du sulfate de chaux ou plâtre qui fait prise avec l'eau et entraîne la coagulation de toute la masse : c'est cette masse qu'on nomme superphosphate. L'acide phosphorique y est tout entier sous la forme soluble à l'eau, lorsque le phosphate primitif était du genre apatite, où la seule base existante est la chaux. La fabrication se termine par la pulvérisation et le tamisage du superphosphate.

En somme, l'apatite ainsi traitée donne un produit où la presque totalité du phosphate est transformée en produits solubles dans l'eau et conservant indéfiniment cette solubilité. Mais n'oublions pas, comme nous l'avons dit plus haut, qu'ils la perdent dès qu'ils sont au contact de la terre arable, où de nouvelles réactions se produisent à cause de la composition chimique du sol.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi lorsque le phosphate naturel contient d'autres bases que la chaux, comme cela se présente dans les phosphorites françaises. Celles-ci, comme on sait, contiennent également du fer et de l'alumine, dont les phosphates sont insolubles, à moins qu'il n'y ait en présence un grand excès d'acide, ce qui ne peut être le cas dans un superphosphate devant présenter l'apparence sèche.

Il en résulte que le traitement précédent laissera à l'état insoluble dans l'eau toute la quantité d'acide phosphorique qui correspond au fer et à l'alumine, quantité qui augmente avec le temps, par suite de cette réaction lente de l'acide phosphorique sur les composés de fer et d'alumine, et qu'on appelle la *rétrogradation*.

Des chimistes et des savants autorisés, entre autres M. Petermann, ont démontré par des expériences directes que tous ces phosphates de fer ou d'alumine ont la même action bienfaisante sur la végétation que les produits solubles à l'eau.

La quantité d'acide phosphorique qu'ils apportent ne se dissout pas, même dans un excès d'eau; mais ils sont utiles au même titre que l'acide phosphorique soluble dans l'eau qui se précipitera dès qu'il sera au contact de la terre arable. Il convient donc de les comp-

ter comme utiles dans la valeur du produit, et cela est facile puisqu'ils sont solubles dans le citrate d'ammoniaque, pendant que les phosphates non désagrégés chimiquement ne le sont pas.

Il résulte donc de tout cela qu'il est juste d'admettre la solubilité au citrate des superphosphates français, comme l'équivalent de la solubilité à l'eau des superphosphates d'apatite. Un exemple fixera mieux les idées :

Supposons qu'on emploie une apatite, genre Cacérès, contenant 27,5 0/0 d'acide phosphorique, qui, superphosphatée, donne 14 0 0 d'acide phosphorique devenu soluble à l'eau et 1/20/0 de résidu insoluble aussi bien au citrate qu'à l'eau; le cultivateur qui achètera un semblable superphosphate au degré d'acide phosphorique soluble dans l'eau, paiera donc 14 unités, c'est-à-dire tout ce qu'il y a d'utilisable dans le produit qu'il achète. Il répandra son superphosphate, et le lendemain il ne possédera plus que 14 unités d'acide phosphorique insoluble dans l'eau, mais soluble au citrate d'ammoniaque.

Si nous passons maintenant à un superphosphate de phosphorite donnant la même quantité d'acide phosphorique, le type d'Auxois (Côte-d'Or), celui-ci se décompose en 10 parties solubles à l'eau, 3 solubles au citrate et 1,5 solubles dans les acides forts. Le dosage au citrate, fait avant d'épuiser par l'eau, donnera donc 13 0 0 qui, d'après ce que nous avons démontré précédemment, sont immédiatement utilisables par les plantes.

Il y a donc égalité entre chacune des unités de ce phosphate et celles du précédent; le consommateur n'aura que 13 au lieu de 14, voilà tout: comme il paie à l'unité, cela importe peu. Il y a donc encore égalité sous ce rapport.

Mais il y a plus : c'est que toute la partie insoluble au citrate d'ammoniaque qui ne sera pas payée au premier abord n'en sera pas moins utilisable à la longue. Cette proportion utile et obtenue gratuitement dépasse 1/10 de la quantité totale. Ce fait incontestable augmente dans une forte proportion la valeur véritable des phosphates français.

Et il est impossible qu'il en soit de même avec les superphosphates solubles à l'eau provenant de l'apatite, parce que, d'abord, la proportion insoluble est bien plus faible, et ensuite que l'insolubilité de cette partie est absolue et irrémédiable.

En outre, les phosphorites ont toujours pour guangues du carbo-

nate de chaux qui au traitement chimique se transforme en sulfate de chaux si utile lui-même à l'agriculture. Les apatites, au contraire, ont des guangues quartzeuses inattaquables. Pour la même raison, la silice et l'oxyde de fer contenus dans les phosphates français sont facilement attaquables et sont utilisés par les végétaux qui en ont la plupart si grand besoin.

En résumé, pour un prix représenté par 14, le superphosphate d'apatite donne comme matière utilisable 14 d'acide phosphorique et rien de plus, pendant que, pour un prix représenté par 13, le superphosphate de phosphorite donne d'abord 13 0 0 d'acide phosphorique utilisable comme le précédent, et, en outre, 1,5 0/0 d'acide phosphorique plus lentement, mais encore assez rapidement assimilable, un excès de sulfate de chaux et plusieurs autres substances utiles. Ce n'est pas exagérer que de dire qu'il présente sur le premier un surcroît de valeur véritable de dix pour cent à prix égal de l'unité d'acide phosphorique soluble à l'eau d'un côté, au citrate de l'autre.

Disons encore quelques mots sur le phosphate bicalcique $PhO^5 2CaO$, HO obtenu en traitant les phosphates naturels par l'acide chlorhydrique et saturant par la chaux la liqueur claire qui surnage et renferme l'acide phosphorique. Ce produit bien lavé et desséché à basse température constitue ce qu'on appelle le *phosphate précipité*. Il contient jusqu'à 40 0/0 d'acide phosphorique insoluble à l'eau, mais soluble au citrate d'ammoniaque et par conséquent excellent pour l'agriculture.

Ce produit n'a pas encore obtenu la faveur qu'il mérite, et son emploi est fort restreint grâce à la routine de nos cultivateurs qui le fuient parce qu'il coûte plus cher que les superphosphates aux 100 kilos sans se soucier de sa richesse exceptionnelle en acide phosphorique, ce qui cependant devrait être le seul terme de comparaison.

Dans le même ordre d'idées, nous croyons devoir signaler une industrie à créer en France, c'est celle de la fabrication de l'acide phosphorique.

Jusque dans ces dernières années, cette fabrication n'existait qu'en Allemagne ou elle était pratiquée dans trois usines qui, toutes trois, traitaient des phosphates pauvres et ferrugineux.

Après séchage et broyage, ces minerais étaient attaqués par de l'acide sulfurique très étendu, de façon à dissoudre le moins possible de fer ; puis, les lessives boueuses étaient traitées dans des filtres-

presses et concentrées dans des bassins en plomb placés sur le canal des fumées, et ensuite dans des fours dont la flamme venait lécher la partie supérieure du bain et l'amenait à une concentration de 50 à 60° Baumé.

Ce liquide concentré arrivait à contenir jusqu'à 50 0/0 d'acide phosphorique.

Après cette concentration, ces liquides étaient versés sur des phosphates tribasiques calcaires qu'on transformait pour la plus grande partie en phosphates monocalciques, On peut obtenir par ce procédé des superphosphates dosant jusqu'à 45 0/0 d'acide phosphorique.

Tout récemment, cette même industrie s'est établie en Espagne pour extraire l'acide phosphorique des phosphates à gangue siliceuse qui abondent dans les environs de Cacérès.

Le traitement de ces phosphates naturels espagnols est tout à fait différent de celui des phosphates d'Allemagne : la grande quantité de quartz broyé contenue dans ces phosphates rendait impossible l'emploi des filtres-presses ; la toile de ces appareils était immédiatement coupée.

On est arrivé, après un lessivage méthodique, à débarrasser complètement la masse attaquée de l'acide phosphorique qu'elle contient, et on obtient ainsi, dans une usine qui est près de Bilbao, de l'acide phosphorique remarquablement pur qui sert à faire des superphosphates riches comme ceux qu'on produit en Allemagne.

Nous nous demandons si, dans un pays comme la France qui est très riche en phosphates qu'on peut avoir dans de très bonnes conditions, il ne serait pas désirable de voir établir une usine du même genre que celles dont nous avons parlé, pour arriver à produire sur notre territoire de l'acide phosphorique pouvant servir non seulement à la fabrication des superphosphates riches, mais encore à la purification des jus de sucreries, dans nos grandes usines coloniales où on traite la canne à sucre.

Nous avons cru devoir appeler l'attention de la Société sur ce point d'avenir qui nous paraît tout à fait digne des méditations de nos collègues.

V

On sait que les scories des convertisseurs Bessemer contiennent des phosphates. La question de l'utilisation de ces phosphates est évidemment de la plus haute importance. On s'en rendra aisément compte quand on saura que la production annuelle de l'Europe seule en scories du procédé Thomas et Gilchrist est de 800 millions de kilogr.

C'est M. Grandeau, le savant directeur de la station agronomique de l'Est (Nancy), qui le premier attira l'attention des agriculteurs français sur ce nouvel engrais phosphaté.

La fonte brute contient du phosphore qu'il faut absolument éliminer pour la transformer en acier ou en fer doux. On y arrive en faisant passer sur la masse en fusion, additionnée de 20 0/0 de chaux, un courant d'air énergique qui oxyde tous les corps étrangers : carbone, silicium, manganèse, phosphore. Ce dernier forme donc de l'acide phosphorique, qui se combine avec la chaux et donne le phosphate de chaux.

La composition moyenne des scories est en grande partie :

Acide phosphorique.	16 0/0
Chaux.	50 0/0
Oxyde de fer	12 0/0
Silice.	7 0/0

Les scories sont livrées, soit sommairement broyées et tamisées, soit réduites en poudre fine.

Sous l'influence de la forte température du convertisseur Bessemer, l'acide phosphorique se combine, paraît-il, à la chaux, sous la forme nouvelle de phosphate *tétracalcique* contenant 100 parties d'acide pour 160 de base. Ce nouveau produit isolé se présente sous la forme cristalline ; il est soluble dans les acides faibles, carbonique, ulmique, etc., et par conséquent les scories Thomas qui en contiennent une forte proportion peuvent jouer le rôle d'un engrais phosphaté. Leur solubilité augmente rapidement quand on broie la matière au mortier, et elle est proportionnelle à la finesse de la mouture ; on peut avoir ainsi des effets très différents : c'est donc avec raison que les praticiens attribuent une importance capitale au degré de finesse du produit.

On explique la solubilité du phosphate tétracalcique, parce qu'il est le produit d'une sursaturation de l'acide phosphorique à une haute température par la chaux en excès. L'affinité de l'acide phosphorique pour la chaux n'est pas assez grande pour en retenir une aussi forte quantité. Dès lors, l'acide carbonique, l'acide tannique, les racines des plantes et tous les sels contenus dans le sol enlèvent facilement une partie de cette chaux et donnent naissance à une combinaison nouvelle, probablement tricalcique, peut-être en partie à base de fer oxydé, mais en tous cas soluble et susceptible d'être absorbée par les racines.

Or, d'après les affirmations de M. Sainte-Claire Deville, basée sur des expériences faites à la station de Nancy, il résulterait que l'effet de l'acide phosphorique des scories finement moulues est, pendant la première année, deux fois celui du guano, six fois celui de la poudre d'os et du phosphate minéral, et cinq fois celui des scories grossièrement broyées, mais il n'est égal qu'aux 3/5 de l'effet du superphosphate soluble.

Des analyses exécutées par les soins du Syndicat central des agriculteurs de France ont démontré que, généralement, un tiers de l'acide phosphorique des scories est soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Les phosphates métallurgiques produisent leur maximum d'effet dans les terres acides, marécageuses et riches en humus. Leur emploi est recommandé par leurs propagateurs dans toutes les terres où la chaux fait de l'effet et en couverture sur les prairies humides ; en un mot, dans les mêmes terrains que les phosphates naturels non traités chimiquement.

Toutes ces affirmations sont surtout dues au directeur de la station agronomique de Nancy, M. Grandeau.

Il est certain, puisqu'il l'affirme, que M. Grandeau doit avoir fait des expériences probantes sur l'emploi des scories et avoir obtenu de bons résultats. Mais, jusqu'à présent, il est seul avec un bien petit nombre d'intéressés, à soutenir cette doctrine ; il faut donc, à notre avis, attendre, avant de conclure sur ce point particulier de la question, que des expériences contradictoires, nombreuses et concluantes aient été faites.

A notre avis, et jusqu'à nouvel ordre, les scories peuvent tout au plus être considérées comme l'équivalent des phosphates naturels, mais non des superphosphates ni des phosphates précipités. Ce sont

des phosphates solubles à l'acide, mais bien peu au citrate, quoi qu'on en dise. Encore y a-t-il lieu de se défier de leur emploi, parce qu'ils contiennent en abondance des composés du soufre et de l'arsenic ; du fer au minimum, etc., tous corps dont l'action sur la végétation est au moins problématique, sinon certainement nuisible. Quant à la pulvérisation de ces produits qui nous paraît indispensable, elle est très difficile, du moins économiquement, car le produit est élastique et tenace.

VI

Les conclusions de ce qui précède sont les suivantes :

1° Les phosphates insolubles dans l'eau mais solubles dans le citrate d'ammoniaque, ont une valeur agricole égale à celle des phosphates solubles à l'eau.

2° Les phosphates minéraux français donnent par le traitement chimique des superphosphates incomplètement solubles dans l'eau, qui cependant valent autant et même un peu plus que les produits correspondants des apatites étrangères.

Si le cultivateur exige la solubilité à l'eau, il empêche complètement d'utiliser nos phosphates français qui sont du genre phosphorite et qui, superphosphatés avec autant d'acide sulfurique qu'on le voudra, ne donnent jamais un produit suffisamment soluble dans l'eau. Il reste toujours les phosphates de fer et d'alumine qui sont insolubles quoiqu'on fasse.

Il faudrait donc employer les matières premières exemptes de fer et d'alumine, c'est-à-dire des apatites d'Espagne, de Norwège ou d'Amérique, les phosphorites français contenant toujours ces produits insolubles. Le commerce des phosphates étrangers est entièrement entre les mains des Anglais qui possèdent même certains gisements français comme ceux du Lot; les agriculteurs français seront donc obligés d'aller acheter leurs phosphates sur le marché de Londres, alors qu'ils ont à leurs portes des produits similaires de qualité au moins équivalente.

En même temps, nos nationaux laisseront mourir une industrie qui est appelée à prendre une importance énorme et à dépasser peut-être en développement celle de la métallurgie. Il convient donc, dans un intérêt essentiellement national, de maintenir cette industrie qui

doit devenir une des branches les plus importantes et surtout les plus utiles de la production générale.

Rappelons ce que nous avons dit plus haut : *les Anglais sont les maîtres du commerce du phosphate du monde entier*, SAUF LA FRANCE.

Et c'est bien ce qui inquiète et contrarie nos aimables voisins. Comme le fait très bien remarquer M. Henri Lasne, *en cela comme en tout, ils veulent nous rendre leurs tributaires*. Rivaux commerciaux encore plus que politiques, car leur commerce, leur intérêt matériel est leur plus vive préoccupation et le principal mobile de leurs actions ; il en est même qui, peu scrupuleux sur le choix des moyens, n'ont pas hésité, en concurrents déloyaux, à attaquer l'honorabilité même des fabricants français dans les discussions soulevées. On peut lire, en effet, à chaque page des brochures qu'ils répandent à profusion, que tous ceux qui vendent de l'acide phosphorique avec la garantie de solubilité au citrate d'ammoniaque, sont des voleurs ! Nous n'exagérons rien. Il ne s'agissait d'ailleurs que d'attacher le grelot, et avec ce tempérament qui nous pousse toujours à nous déchirer entre nous pour admirer tout ce qui vient de l'étranger, bon nombre de chimistes français ont fait les moutons de Panurge et suivi le mouvement sans se douter du tort immense qu'ils causaient à leur patrie !

Tout ce bruit n'est donc, en somme, que le résultat d'une manœuvre intéressée. Il s'agit d'amener les agriculteurs français à n'acheter que des produits de provenance anglaise, ou bien de contraindre les fabricants français à aller s'approvisionner sur le marché de Londres. Nous espérons bien que cela ne sera pas et que la naïveté gauloise qui est toujours le fond de notre caractère n'ira pas encore cette fois jusqu'à la duperie.

Or la méthode au citrate, comme nous l'avons vu, résout complètement le problème au point de vue national. Tout phosphate soluble dans le citrate, c'est-à-dire tout phosphate français, est l'équivalent en agriculture du phosphate soluble à l'eau, c'est-à-dire du produit anglais. Ce ne sont pas des sophismes ni des outrages intéressés et si opposés à la vérité qui réussiront à dérouter l'opinion et à faire suivre aux agriculteurs une voie si contraire à leur patriotisme et à leurs intérêts.

Il est de toute évidence qu'il vaut mieux employer l'argent dépensé pour les cultures françaises à payer des produits français qu'à aider au drainage de notre or par l'Angleterre et à être encore dupes de l'habileté commerciale de nos concurrents.

Mais il faut encore voir les choses de plus loin. Si les phosphates français étaient délaissés, les Anglais ne manqueraient pas de faire monter rapidement leurs prix et c'est le cultivateur aveugle et entêté qui paierait les frais de la guerre. En outre, les Anglais nous enverraient leurs produits tout fabriqués et ce serait la ruine des fabriques de superphosphates françaises. C'est bien là le secret espoir de nos voisins. Or, il ne faut pas perdre de vue que l'industrie des phosphates fait vivre actuellement en France plus de 30 000 ouvriers et amène rapidement la richesse des régions où elle est établie.

Il n'y a donc pas à hésiter, et nous devons répéter le plus possible à nos cultivateurs dans leur propre intérêt : N'achetez que des phosphates français !

QUESTIONNAIRE

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES

DE VIENNE

ET

RÉPONSES

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS [1]

A. 1. — De quel Ministère relèvent, α directement, — β partiellement :

a **Les Travaux publics ;**

b **Les moyens de communication ;**

c **Les Mines, les Usines et les Salines ;**

d **L'Arpentage, les Forêts, le Drainage ?**

Le Ministère des Travaux publics a dans ses attributions :

1° Les travaux de construction et d'entretien des routes nationales, départementales, et des ouvrages d'art qui s'y trouvent ;

2° Les études et la construction des chemins de fer construits par l'Etat ; l'exploitation du réseau ferré de l'Etat (longueur, 2 600 kilomètres), le contrôle du tracé, des travaux et de l'exploitation des chemins de fer concédés à l'industrie privée ;

3° Les travaux de la navigation maritime et fluviale, les canaux, les ports de commerce ;

4° Le régime hydraulique des usines mises en mouvement par les cours d'eau, des irrigations et des marais en desséchement ; le service du curage, de l'élargissement et du redressement des cours d'eau non navigables ni flottables, ainsi que les questions concernant l'utilisation des eaux de ces cours d'eau pour l'industrie ou l'agriculture ;

(1) Ces réponses ont été préparées, sur la prière du Comité, par M. E. Polonceau.

5° Le défrichement et la plantation des landes appartenant à l'Etat ; les travaux de mise en valeur des terrains communaux. Pour le drainage, le Ministère des Travaux publics met des ingénieurs à la disposition des particuliers pour étudier les projets de travaux de cette nature quand les agriculteurs syndiqués s'adressent à l'Etat pour obtenir des avances en vue d'exécuter ces travaux.

Les mines dépendent du Ministère des Travaux publics, ainsi que les carrières.

Les usines en dépendent aussi au point de vue de la surveillance des appareils à vapeur, et relèvent du Ministère du Commerce au point de vue de leur classement comme usines incommodes ou insalubres.

Les salines, les usines produisant des matières grevées de droits (sucreries, distilleries, etc.) sont surveillées par le Ministère des Finances en ce qui concerne la perception de ces droits.

Certains travaux publics, les constructions de forts, de casernes, etc., relèvent du Ministère de la Guerre.

Les écoles d'agriculture, les bergeries et haras relèvent du Ministère de l'Agriculture.

Le service des Palais nationaux relève du Ministre des Beaux-Arts, comme celui des bâtiments civils.

La construction et l'entretien d'une partie des bâtiments affectés au culte sont à la charge de l'Etat et dépendent du Ministère de la Justice et des Cultes.

Les travaux hydrauliques des ports militaires, d'une part ; les constructions navales, de l'autre, relèvent de la Marine.

Le Ministère des Finances dirige les travaux de construction ou de réparation des casernes de douanes ; il exploite directement les manufactures de tabac.

Le Ministère de l'Intérieur s'occupe des travaux des prisons, des bâtiments et des lignes télégraphiques, etc.

Les moyens de communication se divisent en deux parties bien distinctes :

I. Ceux de la *grande voirie ;*

II. Ceux de la *petite voirie.*

I. Dans la première catégorie, sont comprises :

1° Les routes nationales ;

2° Les routes départementales ;

3° Les rues des villes, bourgs, etc., qui font suite aux routes nationales et départementales ;

4° Les rues de Paris ;

5° Les chemins de fer construits ou concédés par l'Etat, sous le contrôle de l'Etat ;

6° Les rivages de la mer, les ports de commerce ;

7° Les fleuves et rivières navigables et flottables ;

8° Les canaux de navigation appartenant à l'Etat ou concédés par lui.

II. Appartiennent à la petite voirie :

1° La voirie municipale, sauf les paragraphes 3 et 4 ci-dessus ;

2° Les chemins vicinaux ;

3° Les chemins publics ruraux.

La grande voirie est placée sous l'autorité du Ministre des Travaux publics, sauf les rues de Paris.

La petite voirie rentre dans les attributions du Ministère de l'Intérieur.

Cependant les ponts établis ou à établir pour le service des chemins vicinaux et forestiers lorsqu'ils dépassent l'ouverture de 4 *m* entre culées, pour les ponts avec voûte en maçonnerie, et de 6 *m*, pour les ponts métalliques ou en bois, dépendent du Ministère des Travaux publics.

Les opérations topographiques concernant l'ensemble du territoire, ont été effectuées par divers ministères :

Par le Ministère des Finances pour l'établissement de la matrice cadastrale, base de l'impôt foncier ;

Par le Ministère de la Guerre, pour l'établissement de la carte d'état-major au $\frac{1}{80\,000}$;

Par le Ministère de l'Intérieur, pour la création d'une carte de France destinée aux différents besoins de ce ministère.

Le Ministère des Travaux publics surveille et conserve les repères de nivellement général de la France, qui sont confiés aux Ingénieurs de l'Etat.

Les forêts relèvent du Ministère de l'Agriculture (Direction des Forêts), ainsi que les travaux de fixation, d'entretien et de conservation des dunes sur le littoral maritime.

En France, l'Etat n'administre directement qu'une faible partie des

richesses industrielles ou agricoles du pays; son rôle, en matière industrielle, se borne en général à une action de contrôle, soit dans l'intérêt de la sécurité publique, soit dans l'intérêt des finances publique à raison de conventions spéciales, ou bien à raison des impôts. Ainsi, en France, l'Etat ne possède ni mines, ni salines. Il administre une assez grande surface de forêts ; il exploite un nombre assez faible de manufactures spéciales (fabrication du tabac, de la poudre, des armes), et en fait de chemin de fer, le réseau exploité par l'Etat n'a que 2 600 kilomètres, alors que l'ensemble du réseau français se compose de plus de 33 000 kilomètres.

2° Quelle est l'Administration centrale de l'Etat qui exerce une surveillance administrative immédiate sur la construction et l'exploitation

a **des Chemins de fer de l'Etat;**

b — **d'intérêt général;**

c — **d'intérêt local, des tramways à vapeur ou à traction de chevaux, et de quel Ministère relève cette Administration centrale ?**

Les chemins de fer d'intérêt général, les chemins de fer d'intérêt local, les chemins de fer d'intérêt privé, ceux d'une exploitation industrielle, par exemple, font partie de la grande voirie et, comme tels, sont soumis directement à l'action du Ministère des Travaux publics.

Les chemins de fer sur routes, les tramways, sont concédés par l'Etat, soit à des villes, soit à des départements qui peuvent d'ailleurs en rétrocéder la concession à des tiers.

Dans le cas où la concession est faite à une ville, l'approbation des projets de travaux et les réceptions partielles ou définitives sont placées dans les attributions du préfet du département, et par conséquent relèvent du Ministère de l'Intérieur.

Dans le cas où la concession est faite à un département, le droit de statuer à cet égard est réservé au Ministre des Travaux publics.

3°. — Dans quelles subdivisions des § 1 *a* à *d*. et § 2, *a* à *c*. le service est-il :

α centralisé,

β ou non centralisé, et dans ce cas, de quelle façon ?

Les projets de travaux de grande voirie dressés par les ingénieurs de l'Etat pour les travaux non concédés, ou par les concessionnaires pour les travaux concédés, sont approuvés par le Ministre, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées. Les travaux non concédés sont exécutés par les ingénieurs de l'Etat sous la direction du Ministre des Travaux publics, et le préfet du département n'y intervient que comme représentant du pouvoir central pour les détails administratifs d'exécution, comme : direction des enquêtes d'utilité publique, désignation des parcelles à exproprier ou à occuper temporairement pour l'exécution des travaux, etc. L'intervention du préfet est analogue dans l'exécution des travaux de grande voirie concédés à l'industrie privée.

Pour les travaux de petite voirie, l'intervention de l'Etat se borne en général à la déclaration d'utilité publique, qui est promulguée par le Gouvernement après vote des Chambres, et qui est la condition nécessaire au préalable de toute expropriation. Cependant les projets de certains ouvrages d'art d'une importance exceptionnelle, tels que ceux des ponts en maçonnerie de plus de 4 *m* d'ouverture, et des ponts métalliques de plus de 6 *m* d'ouverture, doivent être approuvés par le Ministre des Travaux publics, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées, comme on l'a vu ci-dessus.

La rédaction et l'approbation des projets, sauf l'exception précédente, et l'exécution des travaux se font sous la direction du préfet, comme gérant des intérêts départementaux, ou du maire de la commune, gérant des intérêts municipaux ; et pour toutes ces opérations, les agents techniques ne relèvent que du préfet ou du maire, le préfet et le maire conformant, bien entendu, leur administration aux délibérations des conseils électifs dont ils sont les agents d'exécution, à savoir le Conseil général du département pour le préfet, et le Conseil municipal de la commune pour le maire.

4°. — De quelles autorités dépendent les travaux ou services précités, sur les territoires jouissant d'une autonomie politique ou administrative (départements, arrondissements, communes) ?

Les travaux publics, cités au premier chapitre, sauf les travaux de petite voirie, dépendent en première ligne d'un ministre assisté de directions et de corps consultatifs spéciaux.

Les Ingénieurs en chef des Mines, dans le service qui leur est confié, ont sous leurs ordres des Ingénieurs ordinaires et des gardes-mines.

Les Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, chargés dans chaque département du service ou d'une branche seulement du service de grande voirie, ont sous leurs ordres des Ingénieurs ordinaires et des conducteurs des Ponts et Chaussées.

Les agents voyers en chef, chargés dans chaque département des travaux de petite voirie, ont sous leurs ordres des agents voyers d'arrondissement et de canton.

L'Administration des Forêts a, dans chaque département, un Garde général assisté de gardes-forestiers.

Les Ingénieurs des constructions navales ont sous leurs ordres des Sous-Ingénieurs et des premiers et seconds maîtres.

Les architectes de département, chargés dans les départements des constructions de bâtiments publics autres que les ouvrages d'art de grande et de petite voirie, ont sous leurs ordres des architectes d'arrondissement, des vérificateurs et des contrôleurs.

Les officiers du Génie militaire, chargés des constructions de forts ou de casernes, sont soumis à la hiérarchie des corps militaires.

Etc., etc.

Le Ministère de la Marine a recours aux Ingénieurs des Ponts et Chaussées, qui sont détachés à son service, pour les travaux de construction des ports.

Les constructions navales sont dirigées par les Ingénieurs des constructions navales.

Le Ministre est assisté d'un Conseil des travaux de la Marine.

Les travaux de construction des bâtiments des autres Ministères sont dirigés par des architectes attachés aux divers services, ayant sous leurs ordres des vérificateurs et des contrôleurs.

Les lignes télégraphiques sont établies par les Ingénieurs des Télégraphes.

Les travaux de bâtiments faits par les départements sont dirigés par les Préfets qui ont ordinairement sous leurs ordres un architecte par département et des architectes d'arrondissement.

Enfin, les travaux vicinaux sont dirigés par les préfets ayant sous leurs ordres un agent voyer en chef par département. L'ingénieur en chef du département peut faire fonctions d'agent voyer en chef.

La direction du contrôle de chaque réseau de chemins de fer d'intérêt général est confiée à un inspecteur général des Ponts et Chaussées ou des Mines.

Cet inspecteur général a sous ses ordres et auprès de lui, comme chefs de service :

1° Un Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé du contrôle des travaux neufs et d'entretien sur les lignes en exploitation du réseau et du mandatement général des dépenses du contrôle;

2° Un Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines chargé du contrôle de l'exploitation technique (mouvement des trains, service des machines, etc.);

3° Un ou deux inspecteurs généraux de l'exploitation commerciale, chargés du contrôle de l'exploitation commerciale.

Les chefs du service du contrôle ont sous leurs ordres, pour les travaux neufs et d'entretien, la protection et la conservation de la voie, des Ingénieurs ordinaires des Ponts et Chaussées; — pour le contrôle du mouvement, l'entretien des machines à vapeur fixes, du matériel roulant, des Ingénieurs ordinaires des Mines; — pour les services commerciaux, des inspecteurs particuliers de l'exploitation commerciale.

Les Ingénieurs ordinaires ont sous leurs ordres des commissaires de surveillance administrative, des conducteurs et employés secondaires des Ponts et Chaussées et des gardes-mines.

Les inspecteurs particuliers de l'exploitation commerciale ont sous leurs ordres les commissaires de surveillance administrative.

5° Dans quelle corrélation (coordination ou subordination) les emplois techniques, de 1 à 4, sont-ils par rapport aux emplois politiques ou administratifs correspondants, pour les différentes parties de leur service?

Tous les agents appelés à diriger les travaux précités sont en relation avec la plupart des autorités administratives, des agents et des conseils préposés à la gestion des intérêts généraux et des intérêts locaux, soit qu'ils aient à préparer ou à exécuter leurs décisions, soit qu'ils aient à obtenir leur concours, soit qu'ils aient à défendre contre eux les intérêts du service qui leur est confié; et de plus, ils ont à intervenir dans de nombreuses contestations qui sont soumises, soit à la juridiction administrative, soit à l'autorité judiciaire.

Nous avons indiqué plus haut, en réponse à la question 3°, le rôle des agents techniques dans les travaux publics de grande et de petite voirie.

6° Quel est le chef technique placé à la tête des différents services précités 1 à 4, et dans lesquels de ces services les emplois dirigeants sont-ils principalement occupés par les techniciens?

Au paragraphe 4 nous avons donné la liste des chefs de service dans chacune des subdivisions créées en France pour chacun de ces services.

Les projets et études de ces différents services sont examinés à Paris au Ministère des Travaux publics par les Directions et Corps consultatifs compétents. Tous les travaux dépendant des Ingénieurs des Mines relèvent du Conseil supérieur des Mines; ceux qui sont faits par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées relèvent du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Ces Conseils sont présidés par le Ministre.

Ils sont divisés en sections répondant à chacune des parties du service.

Le Ministre peut, en outre, constituer des comités, des commissions spéciales pour l'examen de certaines affaires.

Une Commission mixte, composée d'officiers et d'ingénieurs, s'occupe d'examiner les travaux qu'il s'agit d'exécuter dans une certaine zone tracée autour des frontières et dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées.

Le Comité de l'exploitation technique des chemins de fer qui assiste également le Ministre des Travaux publics est appelé à donner son avis notamment sur les règlements généraux et spéciaux de l'Exploitation; la police des gares, les modifications et améliorations

dans la marche et le service des trains ; les accidents de chemins de fer, la recherche de leurs causes ; les mesures à prendre pour en éviter le retour, inventions concernant les chemins de fer.

Le Conseil général des Ponts et Chaussées, à l'égard des chemins de fer, examine les questions relatives à l'expropriation des terrains, à l'exécution des terrassements et ouvrages d'art, et au règlement des comptes des entrepreneurs.

Tous les membres du Conseil des Mines et du Conseil général des Ponts et Chaussées appartiennent à ces corps de l'Etat.

Il n'en est pas de même pour le Comité d'exploitation technique et le Comité consultatif des chemins de fer qui comprennent parmi leurs membres un certain nombre d'agents de l'Etat, et en outre, quelques membres choisis par le Ministre parmi les hommes qu'il suppose le plus aptes à y entrer.

Dans le Comité d'exploitation technique n'entrent que des hommes de science, appartenant en partie aux différents corps d'Ingénieurs de l'Etat, et en partie, à des savants désignés par arrêté du Ministre.

Dans le Comité consultatif, indépendamment d'un certain nombre de membres appartenant au corps de l'Etat, il y a également des représentants du Parlement, des Chambres de commerce, etc. Les attributions de ce Comité qui examine les tarifs et tout ce qui a rapport au régime commercial des chemins de fer, n'ont donc pas le caractère technique qui appartient au Comité d'exploitation mentionné plus haut.

Le Ministre des Travaux publics est encore assisté de Commissions telles que celles des phares, du drainage, des inventions, des machines à vapeur, etc., qui s'occupent des questions répondant à leur compétence.

Pour les travaux publics projetés par les architectes, le Ministre est assisté de la Commission des bâtiments civils, formée d'architectes éminents *f* choisis par le Ministre.

Le Ministre des cultes est assisté d'un conseil qui étudie les projets des architectes diocésains.

Le Ministre de la marine est assisté d'un conseil des travaux maritimes et d'un conseil d'amirauté.

Le Ministre de l'agriculture est assisté de plusieurs commissions : du reboisement, de l'instruction agricole, du Conseil supérieur de l'Agriculture, etc.

7° Tous les autres fonctionnaires techniques sont-ils soumis :

a. **Exclusivement à des chefs techniques ou non ;**

b. **Aussi à des chefs n'ayant pas de connaissances techniques, et cela dans quelles subdivisions des § 1 et 4, et jusqu'à quel degré?**

Les corps consultatifs techniques qui assistent le Ministre des Travaux publics sont composés de techniciens, comme nous l'avons indiqué plus haut. Le Ministre qui n'est généralement pas un technicien, mais un homme politique, a sous ses ordres des directions techniques qui préparent ses décisions en demandant, s'il y a lieu, l'avis des corps consultatifs compétents.

Pour les travaux publics exécutés pour le compte des départements, c'est le préfet, agent administratif qui dirige tous les travaux, ayant sous ses ordres les Ingénieurs des Ponts et Chaussées pour les travaux de voies départementales, un agent voyer pour les chemins vicinaux, un ou plusieurs architectes pour les bâtiments départementaux, etc.

Les préfets ont souvent constitué des conseils qui délibèrent sur les bâtiments départementaux ou communaux.

8° Y a-t-il encore, en dehors des employés techniques, des hommes compétents qui exercent une action officielle par leurs conseils dans les questions techniques, artistiques, industrielles ou d'économie politique?

a) **Dans quels services ou branches de service désignés plus haut ?**

b) **Dans quelles catégories d'affaires ?**

c) **Dans quelle mesure ?**

Dans certains corps consultants assistant les ministres, peuvent entrer par décret des agents de l'Etat et un certain nombre d'hommes que leur situation met en mesure de rendre des services ; des industriels, des membres du Parlement figurent dans le Comité consultatif des chemins de fer ; les membres du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer présentent tous, comme en l'a vu plus haut, un caractère scientifique en rapport avec les attributions du Comité.

Des critiques d'art, des journalistes, etc., figurent dans la Commission des bâtiments civils, etc.

Certains conseils organisés auprès des ministres sont fermés au point de vue du nombre et de la qualité des membres.

Les conseils des Mines et des Ponts et Chaussées, le conseil des Travaux maritimes, le conseil d'Amirauté, etc., sont exclusivement composés d'agents de l'Etat.

B. 1. — *a*) – Quelles sont les constructions de l'Etat qui sont exclusivement projetées par les Ingénieurs de l'Etat, et quelles sont celles qui sont obtenues par voie de concours; et, dans ce dernier cas, par qui est dirigée et surveillée l'exécution des travaux ?

***b*) Cette manière d'opérer est-elle différente :**

***A*) Suivant les genres de constructions, tels que travaux de terrassement, travaux d'art ou travaux hydrauliques ?**

***B*) Suivant l'importance ou l'étendue de ces travaux?**

Tous les travaux de grande voirie, de construction maritime et fluviale énumérés au paragraphe A. 1. sont étudiés par les Ingénieurs de l'Etat, quand l'Etat construit lui-même; mais quand l'Etat concède certains travaux, une ligne de chemin de fer par exemple, le concessionnaire étudie le tracé et les projets de travaux, et les présente à l'approbation de l'Administration. Si les projets sont approuvés, e concessionaire les exécute sous la surveillance des Ingénieurs de l'Etat, qui auront plus tard à surveiller l'exploitation du réseau concédé.

L'Etat construit ou fait construire par ses entrepreneurs les travaux étudiés par ses agents. Dans ce cas, il conserve la haute surveillance des travaux.

Les casernes, terrassements, etc., sont projetés par le Génie militaire et exécutés soit par lui, soit par des entrepreneurs.

Les travaux de bâtiments de l'Etat sont étudiés par les architectes de l'Etat.

Fréquemment les travaux de bâtiment sont donnés au concours. Dans ce cas, l'architecte, auteur du projet primé, peut être chargé de diriger et surveiller les travaux faits le plus souvent à l'entreprise, et il en est responsable.

D'autres fois, le projet est soumis au concours et l'architecte, auteur du projet primé, est désintéressé par l'Etat qui prend son projet et le fait exécuter par ses agents.

Pour de très grands travaux d'architecture de l'Etat, un jury spécial de concours est nommé par le gouvernement.

2. Même question pour les travaux qui sont exécutés sur des territoires (départements, arrondissements ou communes) ayant une administration autonome.

Dans les départements, les travaux de grande voirie dépendent des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, ceux de bâtiments dépendent des architectes départementaux, ceux de petite voirie dépendent des agents voyers en chef.

Le travail se fait, soit directement sous les ordres des chefs précités, soit par entreprise.

Dans les arrondissements, le travail est projeté et surveillé par les Ingénieurs ordinaires des Ponts et Chaussées, par l'agent voyer ou l'architecte d'arrondissement.

Dans les villes, la municipalité a souvent des Ingénieurs et architectes spéciaux qui sont chargés des travaux municipaux; à Paris, où les rues, par exception, appartiennent à la grande voirie, tous les travaux sont dirigés par le Directeur des travaux de Paris, qui a sous ses ordres des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, assistés de conducteurs municipaux.

3° Quelle est l'autorité qui exerce un contrôle dans l'exécution :

a) **Des travaux de l'Etat ;**

b) **Des travaux territoriaux ;**

c) **Des travaux privés.**

Et ce contrôle est-il exercé par des Ingénieurs ou par des administrateurs ?

Nous avons déjà indiqué que les travaux de grande voirie sont exécutés par les Ingénieurs de l'Etat quand ils ne sont pas concédés, et que, quand ils sont concédés, leur exécution est contrôlée par les mêmes Ingénieurs.

Les projets de ces travaux sont toujours soumis à l'approbation du Ministre des Travaux publics, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Les travaux de petite voirie sont exécutés par les agents voyers en chef et les agents voyers, sur projets approuvés, suivant les cas distingués plus haut, par le Préfet ou par le Ministre des travaux publics, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Les travaux des bâtiments publics à la charge de l'Etat sont exécutés par les architectes de l'Etat, après approbation du ministre compétent, rendue sur l'avis du Corps consultatif compétent.

Les constructions particulières sont libres, sauf les restrictions ci-après :

Les travaux riverains de route doivent satisfaire à des obligations de diverses natures, les unes concernant la construction, d'autres l'écoulement des eaux.

C'est le Préfet qui donne, sur l'avis des Ingénieurs de l'Etat, l'alignement pour les riverains des routes nationales ou départementales et aux rues qui les prolongent dans les villes et villages.

L'alignement dans les rues des villes et villages est donné par le Maire.

Dans les villes, les constructions doivent satisfaire à certaines conditions de sécurité et de salubrité qui sont vérifiées par les architectes inspecteurs.

Il en est de même dans les campagnes pour les propriétés riveraines de chemins publics. Pour les constructions à l'intérieur des terres, il n'y a pas de règle, à moins qu'il ne s'agisse de l'établissement d'une usine entrant dans la classification des établissements insalubres qui relèvent du Ministère du commerce.

4° Quels sont les fonctionnaires qui ont le droit d'examiner au point de vue technique et industriel les projets et l'exécution des travaux de superstructure :

a) **Dans les villes ;**

b) **Dans les campagnes ?**

a. Dans les villes, le soin d'étudier, de diriger et de vérifier les travaux de construction est dévolu aux Ingénieurs municipaux pour les

travaux de voies de communication ; aux architectes municipaux pour les travaux de construction dans les campagnes.

Nous avons vu, dans l'article précédent, la réponse à l'examen des travaux de construction dans les campagnes.

Les titres hiérarchiques des agents techniques de l'Etat qui ont droit d'examen et de contrôle en fait de travaux de construction sont les suivants :

1° Inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées
Ingénieurs en chef —
Ingénieurs ordinaires —
Conducteurs des Ponts et Chaussées (on doit remarquer qu'un certain nombre de places d'Ingénieurs sont réservées à des Conducteurs des Ponts et Chaussées, qui doivent subir pour cela un examen spécial) ;

2° Inspecteurs généraux des Mines
Ingénieurs en chef —
Ingénieurs ordinaires —
Gardes-Mines ;

3° Directeur des Constructions navales
Ingénieurs —
Sous-Ingénieurs —
Premiers et seconds maîtres des Constructions navales ;

4° Directeur de l'Agriculture
Inspecteurs des Forêts
Gardes Généraux des Forêts, sortant de l'Ecole Forestière de Nancy
Gardes-Forestiers ;

5° Les Officiers du Génie Militaire

6° Architectes du Gouvernement
— diocésains

Etc., etc.

5° L'exécution des travaux industriels est-elle libre ou dépend-elle d'une concession ?

Elle est libre, à moins qu'il ne s'agisse d'une usine ou d'un établissement incommode ou insalubre, auquel cas il faut faire une enquête

« de commodo et incommodo » avant que l'autorisation puisse être donnée par le Préfet.

Dans les villes, à Paris par exemple, il faut obtenir l'autorisation de disposer les échafaudages et les tas de matériaux sur le trottoir. Dans les campagnes, pour une construction sise au bord d'une route départementale ou nationale, il faut demander au Préfet l'indication de l'alignement, etc.

6° Existe-t-il des institutions d'Ingénieurs civils autorisés par la loi (Ingénieurs-Constructeurs, Ingénieurs-Mécaniciens, Géomètres, Architectes, etc.), et, si oui, sont-ils assermentés ; et sont-ils aussi (et dans quelles conditions) employés pour les travaux et dans les services de l'Etat ?

En France, il y a deux catégories d'Ingénieurs : ceux de l'Etat, recrutés comme nous le verrons plus loin, et les Ingénieurs civils.

La profession d'Ingénieur civil est libre.

Il y a également des architectes officiels et des architectes libres.

Ces diverses catégories de techniciens ont formé des Sociétés reconnues d'utilité publique par l'Etat, portant le titre de Société des Ingénieurs civils, Société centrale des Architectes de France, etc.

Parmi les écoles citées plus loin et formant des Ingénieurs civils, il n'y en a qu'une qui donne un titre officiel d'Ingénieur reconnu par l'Etat, c'est l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, qui donne un diplôme d'Ingénieur des Arts et Manufactures à ceux de ses élèves qui subissent les examens voulus.

Les Ecoles d'où sortent les Ingénieurs de l'Etat, recrutés parmi les élèves sortant de l'Ecole Polytechnique, admettent aussi des élèves libres à leur cours. Ces élèves, satisfaisant aux examens de sortie, reçoivent du Ministre un certificat d'études de l'Ecole dont ils ont suivi les cours, les rendant aptes à remplir la fonction d'Ingénieur.

Les diverses catégories de techniciens non-Ingénieurs de l'Etat prennent en général le nom d'Ingénieurs civils.

Enfin, les Ecoles des Arts et Métiers fournissent un grand contingent d'anciens élèves qui exercent la profession d'Ingénieur civil.

Les Architectes diplômés sortent des Ecoles des Beaux-Arts du Gouvernement, et c'est surtout parmi eux que se recrutent les Architectes du Gouvernement, les Architectes diocésains, etc.

Les autres exercent librement la profession d'Architecte.

Ces diverses catégories d'Ingénieurs civils et d'Architectes peuvent participer aux travaux de l'Etat comme entrepreneurs ; ils sont souvent choisis par les Ministères pour faire partie de diverses commissions ou bien pour faire partie du jury des différents concours.

Le serment est demandé aux Ingénieurs et agents techniques quand la justice les appelle pour remplir les fonctions d'arbitres ou d'experts.

Les Ingénieurs et Conducteurs des Ponts et Chaussées sont assermentés devant le Préfet ; les Ingénieurs des Mines et Gardes-Mines, devant le Tribunal civil de l'arrondissement. Ce serment est destiné à permettre à ces divers agents de dresser des procès-verbaux relatifs à la juridiction correctionnelle.

C. — 1° Quels sont les titres réguliers et légaux qui existent :

a. **Pour les élèves qui sortent des Ecoles techniques supérieures, Académies de construction, etc., qui ont subi un examen difficile (Examen de l'Etat, examen de diplôme, etc.) ?**

b. **Pour les personnes qui sont autorisées à exécuter des travaux publics ou privés (architectes, conducteurs de travaux, maîtres maçons) (Voyez B. 4) ?**

a. 1° Ingénieurs de l'Etat, recrutés parmi les anciens élèves de l'Ecole Polytechnique. Un certain nombre de places sont cependant accordées à d'anciens agents subalternes qui subissent des examens spéciaux pour y arriver (sauf pour les Mines) :

Ingénieurs des Mines,
sortant de l'Ecole des Mines ;

Ingénieurs des Ponts et Chaussées,
sortant de l'Ecole des Ponts et Chaussées ;

Ingénieurs du Génie Maritime
(constructions navales), sortant de l'Ecole du Génie Maritime ;

Ingénieurs hydrographes,
sortant de l'Ecole d'Hydrographie ;

Ingénieurs des Manufactures de l'Etat,
sortant de l'Ecole d'application (Tabacs).

2° Ingénieurs civils.

Ingénieurs des Arts et Manufactures,
sortant de l'Ecole Centrale ;

Ingénieurs civils des Mines,
sortant de l'Ecole des Mines ;

Ingénieurs civils des Ponts et Chaussées,
sortant de l'Ecole des Ponts et Chaussées ;

Ingénieurs civils du Génie Maritime,
sortant de l'Ecole du Génie Maritime ;

Ingénieurs agronomes,
sortant de l'Institut agronomique ;

Anciens élèves des Ecoles d'Arts et Métiers.

b. Il n'y a besoin d'aucun titre spécial pour participer aux travaux divers comme entrepreneur de travaux publics.

L'Etat exige le versement d'un cautionnement avant l'ouverture des chantiers, qui le garantit contre toute éventualité, et un certificat de capacité délivré par un Ingénieur en chef.

2° Quels sont les titres hiérarchiques des fonctionnaires attachés aux constructions de l'Etat ou des circonscriptions territoriales, et quels sont les titres hiérarchiques des employés techniques des chemins de fer ?

Nous avons vu, au paragraphe B. 4., la liste des titres hiérarchiques des fonctionnaires attachés aux travaux de construction de l'Etat.

Les titres hiérarchiques des employés techniques de chemins de fer varient avec chaque Compagnie.

A la tête de chaque Compagnie se trouve un Directeur ou un comité de direction, qui a sous ses ordres le Secrétaire général de la Compagnie.

Le service se divise en trois grandes branches :

1° L'Exploitation ;

2° Matériel et Traction ;

3° Voie.

1° L'Exploitation comprend :

Un Chef d'Exploitation ;

Un ou plusieurs Sous-Chefs ;

Des Inspecteurs principaux ;

Des Sous-Inspecteurs ;

Des Conducteurs ;

Les Chefs et Sous-Chefs de Gare.

A côté de ces services se trouvent rattachés le service des finances et le service du contentieux.

2° Matériel et Traction.

A la tête se trouve un Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction, ayant sous ses ordres un certain nombre d'Ingénieurs, au service central, et, en province, des Ingénieurs chefs de traction et chefs d'atelier.

Au-dessous viennent les sous-ingénieurs, inspecteurs, sous-inspecteurs et contrôleurs.

Le personnel actif comprend des chefs et sous-chefs de dépôt, des chefs et sous-chefs d'entretien, etc.

3° Le service de la Voie est dirigé soit par un Directeur des travaux, soit par un Ingénieur en chef de la Voie.

En province se trouvent un certain nombre d'Ingénieurs de la Voie, assistés d'Inspecteurs de la Voie.

Le personnel subalterne comporte les chefs de section, les chefs de district.

Enfin viennent les chefs poseurs.

Un service d'architecture est adjoint au service de la Voie.

D. — Quelles sont les conditions :

1° Pour l'admission dans les services de l'Etat relatifs aux travaux de terrassement, travaux d'art, travaux hydrauliques, usines, usines et salines, arpentage, forêts, amélioration agricole ?

2° Pour l'admission dans les services techniques des chemins de fer de l'Etat ?

3° Dans les services techniques des chemins d'intérêt privé ?

4° Dans les services techniques des territoires autonomes ?

5° Pour l'exécution des travaux de construction désignés dans les § B. 4, C. 1 *b*, de 1 à 5 ?

***a*. Au point de vue des écoles préparatoires ?**

***b*. — des écoles spéciales ?**

c. **Au point de vue des connaissances générales ?**
d. — **des examens supérieurs?**
e. — **des connaissances pratiques ?**

Les places d'Ingénieurs de l'Etat sont en nombre relativement restreint et réservées, sauf un certain nombre, comme on l'a vu, aux anciens élèves de l'Ecole Polytechnique. Or, le choix de la carrière se fait d'après l'ordre de sortie de cette École. Comme ces positions sont très recherchées, elles sont presque constamment prises par les premiers en classement. Donc la première condition voulue est de sortir de l'Ecole Polytechnique dans un rang qui permette le choix.

Au sortir de cette première École, les élèves Ingénieurs suivent pendant trois ans les cours d'écoles d'application, qui sont :

1° L'Ecole des Mines ;

2° L'Ecole des Ponts et Chaussées (comme on l'a vu précédemment, les Conducteurs des Ponts et Chaussées peuvent, après concours, devenir Ingénieurs des Ponts et Chaussées);

3° L'Ecole du Génie Maritime ;

4° L'Ecole d'Hydrographie ;

5° L'Ecole d'application des Manufactures de l'Etat (Tabacs).

Les élèves réunissant les conditions voulues sortent de ces écoles avec le diplôme d'Ingénieur de l'Etat.

Les agents supérieurs des Forêts doivent sortir de l'Ecole Forestière de Nancy.

Les architectes du Gouvernement sortent de l'Ecole des Beaux-Arts de Paris, après concours.

Les emplois départementaux relatifs à la petite voirie ou aux bâtiments ne demandent pas de conditions officielles spéciales. L'admission aux emplois des chemins de fer de l'Etat ou des grandes Compagnies de chemins de fer n'est pas soumise à des règles spéciales.

a. Au point de vue des écoles, on a déjà vu quelles elles sont.

Il est très difficile d'apprécier la valeur intrinsèque des examens d'écoles différentes :

Les anciens élèves de l'Ecole Polytechnique, non Ingénieurs de l'Etat;

Les élèves civils de l'Ecole des Mines ;

Les élèves diplômés de l'Ecole Centrale ;

Les élèves civils de l'Ecole des Ponts et Chaussées trouvent sensi-

blement les mêmes débouchés dans l'industrie, dans les chemins de fer notamment.

Les anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers ont, en sortant de leurs écoles (Châlons, Angers, Aix), des connaissances pratiques plus étendues, mais une instruction théorique moins grande que les élèves des écoles précitées, et débutent en général dans des conditions plus modestes, ce qui ne les empêche pas, par la suite, de pouvoir atteindre des situations égales à celles des élèves des autres écoles.

E. — Des renseignements généraux et, si possible, des communications statistiques sur la participation ou l'action actuelle des hommes techniques dans les divers corps qui représentent les communes, les départements et l'Etat, ainsi que leur situation dans la vie officielle et sociale.

En France, depuis trente ou quarante ans, la position d'Ingénieur est une des plus considérées des carrières libérales. L'influence de l'Ingénieur est devenue très importante, tant dans les services de l'Etat que dans l'industrie et le commerce.

L'opinion publique reconnaît, en général, la compétence et l'honorabilité des Ingénieurs des diverses provenances, et la preuve en est dans le grand nombre d'entre eux que le suffrage de leurs concitoyens investit de fonctions représentatives dans les Conseils administratifs ou politiques, ou que le choix du gouvernement introduit dans les grands Conseils de l'Etat.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Chemins de fer aériens. — Alimentation d'eau des villes en Italie. — Traction des tramways par l'électricité. — Les grands paquebots transatlantiques. — Le daltonisme chez les employés de chemins de fer, en Allemagne. — Evaporation des liquides par la vapeur d'échappement d'une machine.

Chemins de fer aériens. — Au moment où on se préoccupe des solutions à donner au problème du Chemin de fer métropolitain de Paris, il nous paraît intéressant de reproduire quelques observations du journal américain *Engineering News*, relativement à l'inconvénient du bruit, si reproché aux chemins de fer aériens de New-York, et accessoirement à la question de la valeur réelle de ces chemins de fer.

Lorsqu'on mit en exploitation les premières lignes aériennes de New-York, on se préoccupa de chercher ce qu'il pouvait y avoir à faire pour remédier au bruit, et on dépensa (en apparence au moins) une très grande somme d'activité dans ces recherches. Il en résulta, ce qu'on aurait pu prévoir, qu'on ne trouva rien et qu'on ne fit rien. Plus tard, on réalisa un très grand progrès par l'introduction du joint Fisher (1), qui sera bientôt, probablement, le seul employé sur les lignes aériennes. On peut dire que c'est, de tout ce qu'on a proposé, la seule chose qui se soit montrée réellement efficace.

On s'est préoccupé de la question du bruit dans l'établissement du chemin de fer métropolitain de Berlin. Dans ce but, on a adopté la maçonnerie pour les viaducs, partout où c'était possible, mais on n'a pu faire autrement que d'employer le métal dans certains cas, tels que la traversée des rues. Le bruit causé par le passage des trains sur ces ponts métalliques a causé de nombreuses plaintes, et les ingénieurs allemands ont fait toute une série d'expériences sur les moyens à employer pour remédier à cet inconvénient. On a constaté que la forme des poutres a peu d'influence sur le bruit, c'est-à-dire qu'une poutre en treillis ne diffère pas sensiblement à ce point de vue d'une poutre pleine. La longueur, au contraire, a une très grande influence, et le bruit paraît être à peu près proportionnel à cet élément. Lorsque les rails sont posés sur des traverses ou des longrines en bois, le bruit est moins sensible que lorsque les rails reposent directement sur les pièces métalliques, et l'interposition de plaques de feutre ou de caoutchouc entre les traverses ou longrines en bois et les poutres réalise une nouvelle amélioration. L'établissement

(1) Le joint Fisher se fait par une semelle et deux couvre-joints formant sur le patin du rail une sorte d'éclissage horizontal ; il n'y a pas d'éclissage sur le corps du rail. Ce joint est décrit dans l'ouvrage de MM. Lavoinne et Pontzen, et dans le *Railroad Gazette* 1885, pages 20 et 212, et 1886, pages 279 et 669.

d'un plancher général sur le pont a une faible influence, à moins que ce plancher ne soit entièrement couvert de gravier, dont l'effet, même à une faible épaisseur, est très remarquable ; cet effet est encore plus marqué si les traverses ou longrines en bois sont elles-mêmes noyées dans le ballast.

A la suite de ces expériences, les ingénieurs allemands ont adopté deux méthodes pour supprimer le bruit sur les ponts et viaducs métalliques. La première consiste à fixer à la superstructure des gouttières en tôle d'environ 0,40 *m* de largeur, dans lesquelles les longrines qui portent sur les rails sont placées complètement noyées dans du gravier. La seconde méthode consiste à couvrir la partie supérieure du pont avec des plaques en tôle embouties, de 1,50 *m* de côté, couvertes de gravier, et à noyer dans ce gravier les traverses qui portent les rails.

Tous les riverains des chemins de fer aériens de New-York seraient enchantés de voir apporter à ces bruyants voisins quelques modifications de cette nature. On s'habitue à tout, dit le proverbe, mais il faut reconnaître qu'un inconvénient du genre de celui qui nous occupe est une des choses auxquelles on s'habitue le plus difficilement. Seulement, il ne serait guère facile de charger de ballast les légères structures métalliques des aériens de New-York, à moins de les renforcer considérablement. Il est assez difficile de préciser à quelle mesure on pourrait se borner pour obtenir un résultat suffisant en l'absence de données autres que celles qui résultent de l'expérience acquise à Berlin.

La meilleure solution, celle à laquelle on finira certainement par se rallier, au grand avantage de la durée et de l'économie des dépenses d'entretien, est l'emploi de la maçonnerie, pour les viaducs, suivant le mode adopté à Berlin. On ne peut évidemment penser à modifier en ce sens les lignes aériennes existant actuellement à New-York, mais on peut espérer voir les aériens de l'avenir, ou bien établis avec des travées métalliques de grande ouverture passant au-dessus des maisons et allant d'un point de la ville à l'autre en ligne droite, ou bien, se rapprochant du sol, en traversant les îlots de maisons sur des arcades en maçonnerie assez fortes pour supporter des voies superposées, s'il est nécessaire. Ce système sera évidemment coûteux, mais on doit se résigner à voir toutes les lignes aériennes, qu'on établira à l'avenir, coûter beaucoup plus cher d'établissement que ce qui existe actuellement, si on veut, d'une part, satisfaire aux exigences nouvelles de la circulation et, de l'autre, éviter les frais énormes d'entretien, de réparations, de surveillance, de renforcement, etc., qu'exigent des constructions qui ont été faites à une époque où on ne pouvait se faire la moindre idée du trafic que ces lignes verraient un jour réaliser.

La solution consistant à faire traverser, aux lignes aériennes, les îlots de maisons, présente l'avantage de ne pas obstruer les rues actuelles ; de plus, elle crée des voies latérales et même, au prix de quelques dépenses supplémentaires, un passage couvert dans l'axe de la voie, dont l'utilité

n'est pas contestable dans certaines parties de New-York. L'utilisation de ces voies accessoires, au point de vue de l'établissement de magasins, à un moment où la valeur du sol augmente de jour en jour, est une question des plus intéressantes. On trouverait facilement des occupants pour ces magasins, dussent même ceux-ci être éclairés artificiellement, et il résulterait de cette solution une augmentation de la valeur du sol et des propriétés bâties avoisinantes, au grand profit de la Compagnie du chemin de fer et des voisins. Il n'est pas douteux que cette considération ne soit de nature à hâter la réalisation, à New-York, de ce mode d'établissement des chemins de fer aériens.

Quant à la traversée des rues, elle devra s'opérer par des viaducs métalliques assez forts pour pouvoir être chargés de ballast et de portées assez grandes pour n'avoir pas de points d'appui en dehors des îlots de maisons, ou tout au moins en dehors des trottoirs, de manière à laisser les rues libres.

Nous sommes persuadés, dit en terminant le journal américain, que la ville de New-York finira par comprendre qu'elle a fait une folie en prêtant gratuitement ses rues aux Compagnies pour y établir leurs lignes aériennes, surtout lorsqu'on verra le trafic donner des résultats pouvant justifier les dépenses les plus énormes d'établissement. Des lignes établies de la manière qui vient d'être esquissée (1) seront plus sûres pour la circulation et moins onéreuses de service que les lignes aériennes actuelles, et leur durée sera pour ainsi dire indéfinie, ce qu'on ne peut pas dire des autres.

Le prix d'établissement sera moins élevé que celui d'une ligne souterraine sur laquelle le chemin en l'air aura toujours de plus l'immense avantage de la lumière et de l'aération.

L'alimentation d'eau des villes en Italie. — Nous trouvons dans le *Journal of the Society of Arts* les renseignements suivants sur l'alimentation d'eau des villes d'Italie, obtenus par l'enquête sur les conditions sanitaires des agglomérations de population faite en 1885.

2 491 communes, représentant une population de 6 196 584 habitants, ne consomment que de l'eau de source ; 1 583 communes, avec 5 267 744 habitants, n'ont que de l'eau de puits ; 1 732, avec 5 965 703 habitants, ont de l'eau de source et de l'eau de puits ; 130 communes, avec 721 893 habitants, n'ont que de l'eau de citernes ; 1 321 communes, représentant 7 026 229 habitants, consomment de l'eau de citernes, de l'eau de source et de l'eau de puits ; 946 communes, avec 3 201 803 habitants, de l'eau de rivière, et 55 communes, avec 79 154 habitants, prennent leur eau dans des lacs.

L'eau de source est consommée principalement par les populations de la Ligurie, du Latium, des Abruzzes, de la Basilicate, de la Calabre, de

(1) Ce système paraît se rapprocher singulièrement des projets Heusey, Haag et autres, proposés pour le Métropolitain de Paris.

la Sicile et de la Sardaigne ; l'eau de puits domine en Piémont, en Lombardie et dans l'Emilie ; l'eau de citernes est consommée surtout en Toscane, dans les Marches, l'Emilie, la Campanie, la Pouille et la Sicile ; l'eau de rivière est employée dans la plus grande proportion dans la Vénétie et par les populations voisines des montagnes du Piémont, de la Ligurie et de la Toscane ; enfin, l'eau de lac est consommée sur les bords des grands lacs du Nord de l'Italie.

Dans 2 720 communes, l'eau à boire est amenée d'une distance plus ou moins grande par des conduites de bois ou de métal, ou dans des aqueducs en maçonnerie, et des tuyaux en ciment ou en poterie ; dans 447 communes, l'eau est amenée par des canaux découverts, et dans 614 par des tuyaux en plomb.

Au point de vue de la quantité, on trouve la répartition suivante. Dans 673 communes, représentant 22 434 735 habitants, l'eau est en quantité suffisante pour les besoins ; dans 1 495 communes, avec 6 024 375 habitants, elle est insuffisante.

Au point de vue de la qualité de l'eau, l'enquête a fait constater que, parmi les communes qui ont assez d'eau potable, 81,8 0/0 ont de la bonne eau, 13,1 0/0 de l'eau médiocre et 5,1 0/0 de la mauvaise eau; quant aux communes insuffisamment alimentées, 56,3 0/0 ont de la bonne eau, 25,5 de la médiocre et 18,4 de la mauvaise.

Traction sur tramways par l'électricité. — On emploie depuis quelque temps, d'après l'*Iron*, la traction par l'électricité sur la ligne des tramways nord de Londres, entre l'église de Stratford et Manor Park, sur une distance totale de 8 kilomètres aller et retour.

On se sert de locomotives du système Elieson, qui ont été mises en service régulier après que des expériences répétées sur la même ligne eurent permis d'obtenir les autorisations nécessaires. Il y actuellement six locomotives qui font le service alternativement avec des voitures attelées de chevaux.

Le trajet, dans chaque sens, dure 20 minutes ; on emploie, en outre, environ 5 minutes pour le stationnement et la manœuvre de la machine. La vitesse moyenne se trouve ainsi de 12 kilomètres à l'heure. Le service se fait très régulièrement et sans difficulté. Les trains électriques sont très appréciés du public et toujours pleins, de sorte qu'ils font plus que leur part du service général.

Les locomotives ont l'aspect d'une voiture ordinaire de tramway de longueur réduite ; les côtés sont vitrés et il y a une porte à coulisse aux deux extrémités. De chaque côté sont disposés 40 accumulateurs du système Elieson, soit 80 en tout. Chaque élément est formé de 11 plaques en plomb, de 0,22 *m* de côté et 6 millimètres d'épaisseur, percées de 169 trous carrés ; dans chacun de ces trous est disposée une lame de plomb, recouverte de papier d'amiante, enroulée en spirale. Dans la formation du peroxyde, ces spirales se gonflent et se fixent solidement dans les trous

des plaques. La surface totale de ces lames de plomb se trouve être très considérable, environ 110 décimètres carrés, et offre une grande superficie pour l'oxydation.

Les accumulateurs sont chargés au dépôt du tramway à Stratford où se trouve une machine demi-fixe de 25 chevaux de Marshall qui actionne les dynamos. Les machines, lorsque la charge est épuisée, sont amenées dans la cour du dépôt où le courant de la dynamo est envoyé dans les accumulateurs pour les recharger. La compagnie Elieson construit en ce moment une nouvelle locomotive dans laquelle les accumulateurs déchargés sont enlevés et remplacés par d'autres chargés, ce qui ne demandera que quelques minutes.

L'appareil moteur se compose d'un appareil du système Elieson qui actionne par des engrenages les roues de la machine. Celle-ci pèse 6 1/2 tonnes et traîne une voiture pesan 2 1/2 tonnes vide ou 5 tonnes avec sa charge complète de 46 voyageurs. Le poids des accumulateurs n'est pas indiqué.

La compagnie Elieson a appliqué également son moteur électrique un bateau *le Countess* à coque d'acier, de 27 mètres de longueur, ayant un déplacement de 38 tonneaux.

Le moteur est du même genre que ceux des tramways, mais de plus grande puissance; il peut développer 60 chevaux en faisant faire 200 tours par minute à l'hélice qui a 1,067 *m* de diamètre et 1,66 *m* de pas. Il y a 300 éléments Elieson pesant en tout 12 tonnes et disposés sous les sièges de la chambre d'avant. La machine motrice est à l'arrière. Ce bateau n'a pu être encore expérimenté complètement, mais dans un premier essai, on avait, avec 150 tours d'hélice par minute, en employant seulement 17 chevaux, obtenu une vitesse de 7 1/4 milles à l'heure, le bateau portant environ 50 passagers. La manœuvre se fait, paraît-il, avec une grande facilité. Les accumulateurs sont fixes et disposés de manière à être rechargés avec une dynamo placée à terre.

Les grands paquebot transatlantiques. — Nous donnons ci-après la liste des vingt plus grands paquebots transatlantiques actuels avec leurs principales dimensions.

Cette liste est exacte pour le moment, mais le développement extraordinaire de la navigation entre l'Europe et les Etats-Unis (tous les paquebots indiqués appartiennent à ce service) y amènera d'un jour à l'autre des modifications.

Comme on n'y a compris que les navires en service régulier, le *Great Eastern*, qui occuperait encore le premier rang, ne figure pas dans cette liste.

Le classement est fait par rapport au tonnage brut.

Numéros	NOMS	Année de la Construction	PAVILLON	Tonnage brut	Longueur	Largeur	Creux
					m	*m*	*m*
1	*City of Rome* ..	1881	Anglais.....	8144	166,53	15,86	11,30
2	*Umbria*	1884	»	7800	152,50	17,45	11,65
3	*Etruria*	»	»	7718	153,00	»	11,60
4	*Servia*	1881	»	7392	157,10	15,90	11,30
5	*Aurania*.....	1882	»	7269	143,35	17,45	11,35
6	*Bretagne*	1886	Français	7012	155,00	15,96	11,70
7	*Bourgogne*.....	»	»	7000	»	»	»
8	*Champagne*....	»	»	7005	»	»	»
9	*Gascogne*.....	»	»	7008	»	»	»
10	*Alaska*	1881	Anglais.....	6932	152,50	15,43	11,60
11	*America*.....	»	»	6500	131,76	15,65	10,87
12	*Normandie*....	1882	Français	6062	140,00	15,25	11,30
13	*Westernland*..	1883	Belge.....	5736	138,80	14,33	10,67
14	*Saale*	1886	Allemand	5500	»	14,64	11,60
15	*Trave*.....	»	»	»	»	»	»
16	*Aller*.....	»	»	»	»	»	»
17	*City of Berlin*..	1874	»	5491	149,10	13,48	10,60
18	*Noordland*.....	1883	Belge.....	5212	122,20	14,33	10,75
19	*City of Chicago.*	»	Anglais.....	5202	131,15	13,72	10,15
20	*Eider*.....	»	Allemand	5200	137,25	14,33	10,15

Le daltonisme chez les employés de chemins de fer en Allemagne. — D'après les *Glaser's Annalen*, les résultats des enquêtes faites depuis le mois d'août 1882 sur la faculté de discerner les couleurs chez les diverses classes d'employés des chemins de fer allemands ont été publiés sous forme de tableaux.

On a employé divers modes d'investigation; le plus grand nombre d'employés 70 929 ont été soumis au procédé de Stilling qui consiste dans l'emploi de papiers de couleur; dans 48 086 cas, on s'est servi de la méthode de Holmgreen, emploi de laines teintes, et pour 2 235 personnes on a eu recours à divers autres procédés, tels que ceux de Daal, Lohn, Schmidt, Rimpler, etc.; 4968 employés ont été examinés avec des verres de couleurs et 5 627 avec des lanternes de signaux. Les investigations ont porté sur 137 057 individus. Pour certains on a eu recours à divers procédés simultanément et dans plusieurs cas l'examen a porté aussi sur la faculté des individus à distinguer des figures, telles que carrés, cercles, triangles, etc.

Sur le nombre total d'employés examinés 239 726 (depuis l'institution des enquêtes 1 974 seulement), ou 0,81 0/0 ont été reconnus atteints de daltonisme; cette proportion est sensiblement la même que celle qui a été reconnue dans la période d'investigation à laquelle les résultats donnés plus haut se rapportent. On fait observer que cette proportion est inférieure en Allemagne à celle qu'on a observée dans certains pays où on s'est livré à des recherches analogues, en Suède par exemple.

Evaporation des liquides par la vapeur d'échappement d'une machine. — A la dernière réunion, à Washington, de la Société américaine des ingénieurs mécaniciens, M. A. Stearns a présenté une

communication sur l'emploi de la vapeur d'échappement des machines pour certaines opérations d'évaporation et de concentration des dissolutions salines.

On évapore depuis plusieurs années des lessives alcalines dans un bac ouvert de 5,30 *m* de longueur sur 3,35 *m* de largeur et 0,45 *m* de profondeur contenant le liquide à concentrer. Ce bac est divisé en quatorze compartiments par des cloisons verticales disposées transversalement de façon à laisser des passages alternativement à une extrémité et à l'autre, de façon que le liquide circule en zig-zag. Le bac contient, noyé dans la dissolution, un tuyau en fonte à section elliptique de 0,220 *m* sur 0,125*m*, dont les diverses portions rectilignes sont raccordées par des coudes de manière à suivre les sinuosités du passage réservé à la lessive. La vapeur d'échappement arrive à une extrémité de cette espèce de serpentin par un tuyau de 0,125 *m* de diamètre, et à l'extrémité opposée l'eau de condensation et la vapeur non condensée passent dans un bassin où le liquide à concentrer commence à s'échauffer avant de passer au bac d'évaporation. Dans chaque partie du bac sont disposés au-dessus du tuyau de vapeur des agitateurs mis en mouvement par une courroie. Ces agitateurs consistent en quatre ailes recourbées faisant trente tours à la minute qui soulèvent le liquide et le laissent retomber en offrant de grandes surfaces à l'évaporation.

Le bac a une légère pente pour déterminer un mouvement d'une extrémité à l'autre dans le liquide. Cet appareil évapore 450 litres d'eau à l'heure et condense la moitié de la vapeur d'échappement d'une machine ayant un cylindre de 0,355*m* de diamètre et 0,810 *m* de course, faisant soixante-cinq tours à la minute avec de la vapeur à cinq atmosphères introduite pendant les deux tiers de la course.

Il y a très peu de contre-pression.

On a fait des expériences comparatives avec l'effet des agitateurs. En opérant tantôt sans agitateurs, tantôt avec des agitateurs, les uns à ailes planes, les autres à ailes formant gouttières pour retenir le liquide, on a trouvé que les effets utiles étaient dans les rapports de un, deux et trois.

L'auteur fait remarquer que cet appareil très simple convient à l'évaporation de dissolutions étendues plutôt qu'à l'achèvement de la concentration des liquides. Il recommande de tenir la chambre où se trouve le bac à la température la plus élevée possible et à n'y admettre que la quantité d'air nécessaire pour l'enlèvement des vapeurs produites. Un excès d'air, en abaissant la température d'évaporation, oblige à faire passer un volume d'air plus considérable. Par exemple, si l'air étant introduit à 15 degrés centigrades, la température de la vapeur est de 65 degrés, il faut un volume de 1 100 mètres cubes d'air à l'heure, tandis que si la température de la vapeur s'abaisse à 40 degrés, le volume d'air nécessaire se trouve porté à 11 000 mètres cubes, c'est-à-dire décuplé.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SEPTEMBRE 1887

Rapport de M. A. TRESCA sur le **Frictomètre** de MM. E. PETIT et H. FAYOL.

Cet appareil, désigné par les auteurs sous le nom de *frictomètre*, est destiné aux essais relatifs au frottement. Il comprend un arbre de rotation de faible longueur prolongé par un tourillon entouré d'un coussinet, lequel peut être chargé de poids pour déterminer une pression variable entre le tourillon et le coussinet. Cette pression est opérée par un levier, et un mouvement de rotation est transmis par une courroie à l'arbre.

On mesure l'effort auquel le frottement est proportionnel au moyen d'une disposition très ingénieuse basée sur le principe d'Archimède; dans ce but on emploie un flotteur que l'effort exercé sur un levier enfonce plus ou moins dans un liquide. Si on enregistre les enfoncements successifs de ce flotteur dans le liquide sur un papier porté par un cylindre tournant, on obtiendra un enregistrement de la variation du frottement.

Cet instrument permet de recueillir des données très utiles sur le frottement des tourillons, la valeur des matières lubrifiantes, etc. Un certain nombre d'appareils de ce genre sont déjà en usage. Nous avons eu occasion d'en voir fonctionner un chez M. Decauville, à Petit-Bourg.

Rapport de M. le colonel GOULIER sur le **sphéromètre** ou **cyclomètre** de M. HERVIER.

Cet instrument n'est autre chose qu'un simple mètre pliant à cinq branches en buis portant, sur une des faces, la division ordinaire et, sur l'autre face, des divisions sur lesquelles se lisent les diamètres des cylindres auxquels on circonscrit trois ou quatre branches du mètre.

Pour les diamètres moindres que 105 millimètres, on entoure le cylindre de trois des branches du mètre; entre 105 et 180 millimètres, on entoure le cylindre avec quatre branches dont une portion seulement de la quatrième.

Ce système n'est pas d'une extrême précision, mais il est très pratique

en ce qu'il permet d'employer un instrument servant également de mètre de poche.

Rapport de M. Brüll sur la **machine à cigarettes** de M. Schaeffer. C'est un appareil à l'usage du public qui se distingue par sa simplicité et son efficacité.

Il se compose d'une bande de moleskine ayant pour largeur la longueur de la cigarette, et fixée par ses deux extrémités à un bloc rectangulaire en fonte ; la bande de moleskine a un excédent de longueur variable suivant le calibre de la cigarette. Le bloc de fonte porte une rigole transversale à section demi-circulaire où on met le tabac. La feuille de papier préalablement gommée et mouillée sur un bord est placée sur la moleskine à un endroit déterminé, et le mouvement d'un chariot glissant sur le bloc suffit pour que le tabac soit entouré complètement de papier et la cigarette terminée par un simple trajet de ce chariot. L'opération est assez rapide pour qu'une personne exercée puisse faire deux cent cigarettes à l'heure.

Rapport de M. Davanne, sur **l'instrument d'optique** dit **Panorama-bijou**, présenté par M. Philippe Benoist.

Cet instrument a pour but de permettre de voir dans une proportion restreinte, en regardant extérieurement avec les deux yeux un panorama exécuté dans les conditions voulues et tournant autour de son centre.

Il comprend un dessin panoramique auquel on a donné la forme circulaire, et qui est supporté par un disque de verre transparent. Sur une des faces de la boîte cylindrique qui contient l'ensemble de l'appareil, est une lentille placée dans l'axe et de diamètre assez grand pour que les deux yeux voient dans le prolongement de cet axe l'image fictive résultant de la réflexion de l'image réelle sur un miroir incliné à 45 degrés; l'autre face de la boîte est fermée par une glace dépolie à travers laquelle passe la lumière diffuse nécessaire pour éclairer l'image. La boîte est munie d'un manche par lequel on tient l'instrument, et celui-ci contient un mouvement d'horlogerie qui donne au panorama un mouvement de rotation continu et lent autour de son axe.

La **trempe de l'acier**, par M. Ch. Brisse.

Extrait d'une **étude d'agriculture et d'économie rurale sur le département de l'Eure**, par M. A. Bourgne *(suite et fin)*.

Appareil destiné à déterminer immédiatement la teneur du lait en matières grasses. (Extrait du *Dingler's Polytechnische Journal.*)

Préparation de la saccharine. (Extrait du *Dingler's polytechnische Journal.*)

Extraction de l'étain des résidus de fer-blanc. (Extrait de l'*Industria.*)

Modifications à la **préparation des hydrates de strontiane et de baryte** par M. J. MACTEAR. (Extrait du *Dingler's polytechnische Journal.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Septembre 1887.

Analyse de l'ouvrage de MM. LAVOINNE et PONTZEN, sur les **chemins de fer en Amérique**, par M. Jules MARTIN, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (1).

Note sur la **distribution des eaux de la Neste**, travaux du réservoir d'Oredon, par M. MICHELIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le réservoir d'Oredon (2) fait partie d'un ensemble de travaux ayant pour objet la distribution des eaux de la Neste pour l'amélioration agricole et industrielle de la région située au pied des Pyrénées et formée par les nombreuses vallées qui ont pour origine commune le plateau de Lannemezan.

Ces travaux consistent en un canal de dérivation pouvant débiter 7 mètres cubes par seconde, et qui porte les eaux de la Neste sur le plateau de Lannemezan, ses rigoles secondaires et ses réservoirs servant à alimenter le canal pendant les eaux basses de la rivière.

Le réservoir d'Oredon est un de ces réservoirs; sa capacité est d'environ 7 269 000 mètres cubes.

Il a été formé au moyen du lac d'Oredon, situé à 1 852 mètres au-dessus du nivau de la mer et d'une superficie de 24 hectares. Les travaux ont consisté dans l'établissement d'une tranchée ouverte dans le déversoir naturel du lac, laquelle, creusée dans le granit, représente un travail important et dans un barrage établi en travers du déversoir naturel. Ce réservoir est dès à présent insuffisant. La contenance pourrait en être portée à 17 millions de mètres cubes en exhaussant de 19 mètres le barrage actuel.

Note sur des **expériences de congélation des terrains**, par M. ALBY, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce mémoire comprend deux parties dont la première est consacrée à la description de la méthode Poetsch et des applications qui en ont été

(1) Cet ouvrage a donné lieu à une analyse étendue présentée à la Société par notre collègue, M. L. BOUDENOOT (1882, 2e vol. page 541).

(2) Notre collègue M. Carrié a traité cette question devant la Société des Ingénieurs civils. Voir son Mémoire sur le réservoir d'Oredon et l'alimentation de la Neste (1881, tome I, page 491).

faites jusqu'ici. La seconde partie a trait aux expériences de congélation faites à Paris chez MM. Rouart frères; elle a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons parlé dans les comptes rendus d'octobre 1887, page 330.

Nous nous bornerons à dire quelques mots de la première partie. La méthode Poetsch, dont le principe est bien connu et dont la première application a été faite au puits Archibald, à Schneidlingen, a reçu depuis un certain nombre d'applications dont quelques-unes n'ont pas été couronnées de succès. La plus récente application se poursuit en ce moment au puits n° 8 des charbonnages de Boussu, à Haine-Saint-Pierre, Belgique.

On avait basé une objection sur la difficulté qu'on aurait à travailler au milieu de la glace et à y construire des maçonneries. L'expérience a prouvé que les ouvriers ne sont nullement incommodés dans les puits gelés et que la température relativement basse qui y règne n'est pas un obstacle à la bonne exécution des maçonneries; ce n'est pas de ce côté que viennent les difficultés.

Note sur **l'organisation du mouvement des trains** sur les chemins de fer des Etats-Unis, par M. Rœderer, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le système d'organisation du mouvement des trains qui est universellement adopté aujourd'hui aux Etats-Unis diffère absolument du système européen.

Dans ce dernier, on s'attache à faire partager la responsabilité de la réglementation du mouvement à une grande quantité d'agents. Ces agents, même d'un ordre très peu élevé, conducteurs, chefs, chefs de petites gares, etc., doivent appliquer, chacun en ce qui le concerne, des règles assez compliquées et dont la sécurité dépend d'une manière presque exclusive.

Il est vrai que l'inconvénient de mettre la vie des voyageurs sous la sauvegarde d'agents inférieurs peu payés et dont l'intelligence n'est pas en général au-dessus de leur grade, est corrigé par le fait qu'une seule faute d'un seul agent ne peut pas, dans la plupart des cas, amener d'accident. En fait, le système est excellent et l'expérience en a prouvé les bons résultats.

En Amérique, au lieu de confier les responsabilités à un grand nombre d'agents inférieurs, on préfère s'en rapporter à un agent unique sur chaque section. Ces agents, désignés sous le nom de *dispatcher*, sont exclusivement chargés de donner aux trains les ordres nécessaires à leur mouvement, soit à leur départ, soit par le télégraphe dans les gares qu'ils traversent. Les sections de chaque *dispatcher* ont de 100 à 200 kilomètres et comprennent de 15 à 30 gares.

Les trains sont divisés en deux catégories, ceux qui ont une marche tracée, c'est-à-dire ceux dont il est indispensable que le public et les gares

connaissent les heures de passage, et les trains qui n'ont pas de marche tracée, comme les trains de marchandises de transit. Les premiers forment la classe supérieure et les seconds, ou trains de classe inférieure, doivent leur céder le passage. C'est ce qu'on appelle le *droit à la voie*, qui est une prérogative des trains supérieurs, et qui, conservée de la réglementation antérieure à l'adoption du système du *dispatching*, remédie en partie aux inconvénients qu'on peut reprocher à ce dernier.

L'auteur de la note rend justice à l'ingéniosité de ce système, mais il le regarde plutôt comme un expédient né des besoins particuliers de l'exploitation américaine que comme un système recommandable en soi, et considère qu'il n'y a pas lieu d'en proposer l'imitation. Il est bon de rappeler qu'en 1885, sur les chemins de fer des Etats-Unis, il y a eu un voyageur tué ou blessé sur 8 1/2 millions de voyageurs kilométriques transportés, alors que le même rapport pour le réseau P.-L.-M. est de 1 sur 36 millions.

Note sur le **tracé des paraboles des moments fléchissants**, par M. Borramier, conducteur principal des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'un procédé pour abréger notablement le tracé par points des paraboles enveloppes des moments fléchissants dans les travées des poutres droites à plusieurs travées solidaires.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 1er octobre 1887.

Communication de M. Bour sur les **corrosions et détériorations des chaudières à vapeur.**

Les corrosions sont extérieures ou intérieures. Les premières ont généralement pour cause l'humidité provenant du contact des tôles avec les maçonneries humides ou de fuites aux joints et rivures. Certaines corrosions proviennent de la condensation des produits acides de la combustions ur certaines parties des chaudières qui sont à une température relativement basse, telles que les réchauffeurs.

Les corrosions intérieures tiennent à la nature des eaux qui servent à l'alimentation; elles sont en général moins graves que les précédentes.

Les autres détériorations sont les déformations provenant du manque de nettoyage, du manque d'eau, les cassures entre les rivets, ou des rivets résultant de mauvaise construction, les cassures en pleine tôle amenées par la mauvaise qualité du métal, etc. Enfin, certaines corrosions qui se présentent sous forme de pustules paraissant devoir être attribuées à la non homogénéité du métal.

Note de M. Criner sur **la comparaison entre divers types de chaudières à vapeur.**

M. Criner rappelle que le rendement en vapeur par kilogramme de houille brulé dépend, pour une chaudière, d'un certain nombre de facteurs tels que la surface de chauffe, la surface de grille, la forme de la grille.

Il faut de plus, pour que des expériences comparatives soient probantes, que l'on produise dans les deux cas la même quantité de vapeur dans le même temps. Or, cette condition n'a pas été remplie dans les expériences rapportées à une séance précédente par M. Batault (voir comptes rendus de septembre 1887, page 271) et qui ont indiqué un avantage de 16 0/0 en faveur d'un nouveau type de chaudière. Ces expériences doivent donc être refaites dans des conditions plus satisfaisantes si on veut obtenir des résultats dignes de foi.

M. Batault fait observer que la différence en production de vapeur relevée par M. Criner n'est qu'apparente, parce que les expériences n'ont pas duré le même temps pour les deux chaudières; en réalité la production de vapeur dans le même temps ne diffère que de moins de 3 0/0 d'une chaudière à l'autre, ce qui ne peut avoir d'influence.

Communication de M. Buisson sur le **rallumage intérieur des lampes de mines.**

Il s'agit du système Catrice qui a été décrit dans les *Annales des Mines*, voir comptes rendus d'octobre 1887, page 334, dans lesquels une faute d'impression l'a fait dénommer système Catelle.

Discussion sur le procédé Aroud **pour l'expulsion du grisou.**

On sait que le procédé Aroud consiste à saisir directement le grisou au moment même où il se dégage, à le recueillir dans un système de tuyaux et à le transporter en dehors des travaux souterrains, sans qu'il puisse se mêler à l'air ambiant de l'intérieur de l'exploitation.

On fait observer que ce procédé pour être efficace devra employer des tuyaux très compliqués et d'un volume nécessairement très considérable. M. Aroud, partant de ce principe, que la quantité d'air pur nécessaire pour alimenter un homme et sa lampe est de cinq mètres cubes par heure, et pour un cheval de quinze mètres cubes, arrive à conclure que, pour une mine occupant 400 hommes et 20 chevaux, il faudra 2 300 mètres cubes par heure, soit 650 litres par seconde. Une aspiration de 1 300 litres par seconde suffira donc pour enlever la totalité du grisou qui pourrait se dégager, à raison de 650 litres dans le même temps, et un tuyau collecteur de 0,50 *m* à 0,60 *m* de diamètre, avec une vitesse de 100 mètres par seconde déterminée par une dépression de 0,30 *m* de mercure, suffira pour débiter ce volume,

M. Buisson conteste ces chiffres. Il s'appuie sur les règles de l'administration des mines qui estime que le volume d'air doit varier en mètres cubes entre le dixième et le vingtième de la production en tonnes. La

mine qui emploie 400 ouvriers produira 600 tonnes et il faudrait environ 30 mètres cubes par seconde au lieu de 1 300 litres.

Les chiffres indiqués par M. Aroud pourraient suffire à la rigueur, en ce qui concerne la respiration humaine, si l'air respiré était rejeté au dehors, de manière à ne pas se mélanger avec l'air frais, mais il n'en est pas ainsi, et, pour que l'atmosphère demeure respirable, il faut des volumes de beaucoup supérieurs.

Communication de **M. Bresson** sur les **dégagements instantanés d'acide carbonique et de grisou** à la mine de Combelle, division des mines de Brassac.

Les dégagements considérables de gaz, qui ont été observés à diverses reprises à la mine de Combelle, semblent coïncider avec les dépressions barométriques. On peut donc admettre la rupture de parois relativement minces qui sépareraient les chantiers de réservoirs où les gaz seraient emmagasinés à des pressions très élevées. Dans le cas dont il s'agit, on a fait observer qu'il existe à la surface et, en plan, dans le voisinage des régions où les dégagements du gaz se sont produits, une source minérale carbonatée. Ce fait a une certaine importance, comme présomption en faveur de l'existence de grandes quantités d'acide carbonique.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Juillet et Aout 1887

Grand tour universel à fosse et à deux chariots construit par les ateliers **M. Heilmann Ducommun** et **Steinlen**, pour l'établissement national de la Chaussade (Marine française), à Guerigny (Nièvre). Note présentée par **M. Steinlen.**

Ce tour est un instrument colossal qui a une hauteur de pointes au-dessus du banc de 1,700 *m.* On peut y tourner en fosse des pièces d'un diamètre maximum de 6,000 *m* et d'une longueur de 1,250 *m.* La distance maxima entre les pointes est de 7,000 *m* et on peut tourner en pointes, à la suite de la fosse des pièces de 3,000 *m* de diamètre. Le plateau à mandrin universel a 5,000 *m* de diamètre, et le grand collet de l'arbre a 0,650 *m* e diamètre et 1,000 *m* de longueur.

On peut sur ce tour tourner ou aléser, fraiser, fileter, mortaiser les rainures de clavettes et faire les autres opérations analogues.

Cette machine-outil est mue directement par un cylindre à vapeur ver-

tical de 0,300*m* de diamètre et 0,300*m* de course faisant normalement 150 tours à la minute et développant avec 2,75 *kg* de pression par centimètre carré sur le piston, un travail de 25 chevaux.

La commande se fait par courroies avec une transmission intermédiaire marchant à 128 tours.

L'appareil total pèse 340 657 kilogrammes dont 97 181 pour la poupée fixe avec son plateau.

L'appareil de fraisage complet avec ses commandes et roues de rechanges spéciales entre dans ce poids pour 45 589 kilogrammes.

L'article est accompagné de six grandes planches représentant des vues d'ensemble et des détails.

Note sur le **chemin de fer routier de Mulhouse à Ensisheim et à Wittenheim**, par **M. Noack-Dollfus.**

Ce chemin de fer comporte le tracé suivant :

1° Une ligne partant de la poste à Mulhouse, longeant le nouveau bassin du canal du Rhône au Rhin et traversant successivement les villages de Modenheim, Sansheim, Baldersheim et Battenheim pour aboutir à Ensisheim et ayant une longueur totale approximative, raccordements compris, de 16 970 mètres.

2° Une seconde ligne, partant également également de la poste, suivant le faubourg de Colmar, l'avenue Vauban, et desservant Illzach et Kingersheim avec Wittenheim comme tête de ligne, ayant une longueur approximative totale, raccordements compris, de 7 800 mètres.

Dans la difficulté de réaliser les capitaux nécessaires à l'entreprise, évalués à un million de francs en nombre rond, les promoteurs eurent l'idée de s'adresser à la Compagnie des tramways de Mulhouse, qui avait un intérêt majeur à la création de lignes suburbaines venant se greffer sur elle ; on arriva rapidement à une entente, et la Compagnie des Tramways de Mulhouse, appuyée par la banque de Winterthur, passa avec le Comité d'initiative de la nouvelle ligne un traité de construction et d'exploitation de cette ligne.

On put ainsi créer, en 1884, une Société au capital de 375 000 francs actions et 250 000 francs obligations, les 375 000 francs restant pour compléter le million devant être parfaits par des subventions à fonds perdu.

La concession fut accordée par l'Etat, pour 99 ans, le 4 août 1884. Le Conseil général de la Haute-Alsace accorda une subvention de 6 250 francs par kilomètre, et la Délégation d'Alsace-Lorraine une autre de 11 250 francs, total : 17 500 francs. Enfin, la ville de Mulhouse accorda également une somme de 25 000 francs.

Après examen des divers systèmes de voie employés sur les lignes analogues, ce qui demanda quelque temps, la construction fut commencée en juin 1885, et la ligne put être inaugurée le 20 décembre de la même année.

Les dépenses prévues étaient les suivantes :

Mulhouse-Ensisheim (16 500 kilom.). . . . . Fr.	484 631	
Matériel roulant	125 000	
		609 631
Mulhouse-Wittenheim (7 800 kilom.)	276 079	
Matériel roulant.	97 500	
		373 579
Ensemble.		983 210

Il fallait ajouter les sommes ci-après :

1° Achat de divers terrains pour la rectification de certaines routes	19 227
2° Acquisition des portions de ligne déjà construites, et appartenant à la Compagnie des Tramways de Mulhouse.	40 250
3° Frais divers de constitution de Société, voyages, études, etc.	12 500
Total général. . . . Fr.	1 055 187

Ce qui fait en moyenne, pour 24,300 kilomètres, une dépense kilométrique de 43 420 francs. En réalité, la ligne de Mulhouse à Ensisheim coûte un peu moins que cette moyenne; la dépense kilométrique ne ressort qu'à 39 254 francs.

Les dépenses devaient être couvertes par les ressources indiquées plus haut, dont le total s'élève à 1 075 250 francs.

Nous donnerons à la fin les résultats d'exploitation.

La voie est établie à l'écartement de 1 mètre entre les rails. Le profil en long est très favorable ; entre Mulhouse et Ensisheim, la plus forte pente ne dépasse pas 2 1/2 pour cent sur 90 mètres ; la plus longue inclinaison est de 146 mètres avec 1,2 p. 100. Les rayons de courbure descendent à 35,30 et même 20 mètres. Il y a un raccordement de fabrique comprenant deux courbes en triangle de 15 mètres de rayon.

Sur les 16 500 mètres de la ligne de Mulhouse à Ensisheim, il y a 76 0/0 en ligne droite, 24 0/0 en courbes, dont 5 seulement au-dessous de 100 mètres de rayon.

Par suite des prescriptions administratives, on a été conduit à employer trois systèmes de voies, savoir :

1° La voie à ornière, système Demerbe, pour la traversée des villes et des villages; il y a 5 673 mètres de cette voie, qui pèse 30 500 kilogrammes le mètre de rail et 70 kilogrammes le mètre de voie.

2° La voie en rails Vignoles sur longrines en fer ; ce système est employé partout où la largeur de la route n'atteint pas 7 mètres de l'axe de la voie à la rangée d'arbres opposée ; il se compose d'un rail Vignoles de 85 millimètres de hauteur, reposant sur des longrines en fer à section en forme de gouttière renversée ; le joint est en porte-à-faux, c'est-à-dire en dehors des longrines, et se fait par des éclisses cornières doubles. Le rail

pèse 15,750 kilogrammes le mètre ; la longrine, 12,300, et le mètre courant de voie, 60 kilogrammes. Ce système est employé sur 3 896 mètres; il ne peut comporter de courbes de moins de 100 mètres de rayon, à cause des longrines, qui doivent être également cintrées.

3° La voie en rails Vignoles sur traverses en chêne ; ce système est employé pour la traversée des champs, c'est-à-dire en remblai et en déblai, et partout où les routes ont plus de 7 mètres de largeur de l'axe de la voie à la rangée d'arbres opposée. Il y a 7 935 mètres de voie de ce genre. Les rails sont semblables à ceux de la voie précédente et assemblés par des tirefonds galvanisés aux traverses en chêne injecté, écartées de 0 *m* 83, d'axe en axe. Les rails ont 9 mètres de longueur, les joints sont en porte-à-faux et opérés par des éclisses cornières doubles.

Le raccordement du rail Vignoles et du rail Demerbe se fait au moyen de sabots en fonte reposant sur des traverses en chêne; le sabot remplit d'un côté le rail Demerbe et de l'autre épouse le contour du rail Vignoles.

Le matériel roulant se compose de :

2 locomotives à deux essieux moteurs ;
1 voiture de seconde avec fourgon-poste ;
6 voitures de troisième classe ;
1 voiture à étage pour trains ouvriers ;
1 wagon-poste et bagages ;
4 fourgons ;
2 wagons plats ;
6 wagons ouverts dits wagons à houille.

Les locomotives, du système Brown, construites par la Société Suisse à Winterthur, ont quatre essieux, dont deux accouplés; elles ont des cylindres de 220 × 350, des roues motrices de 750, des roues porteuses de 550, donnant un empattement fixe de 1 mètre et un empattement total de 3; les essieux extrêmes peuvent obliquer dans les courbes. Les machines pèsent en charge 14 600 kilogrammes, dont 10 000 sur les roues accouplées; elles passent sans difficulté dans des courbes de 15 mètres de rayon. La surface de chauffe est de 22,70 mètres carrés.

Les wagons construits par la fabrique de machines d'Esslingen ne présentent rien de particulier, sauf la voiture à deux étages dont il nous paraît intéressant de dire quelques mots.

Cette voiture a 8,15 *m* de longueur et repose sur deux bogies dont les essieux sont écartés de 650 millimètres. Les bancs sont placés longitudinalement, à l'intérieur en bas et à l'extérieur à l'étage supérieur.

Cette disposition permet de réduire la hauteur, parce que les pieds des voyageurs du haut sont au-dessus des têtes des voyageurs du bas.

La voiture à 2,15 *m* de largeur et 3,65 *m* de hauteur au-dessus du rail ; elle contient 64 voyageurs. Il y a un escalier extérieur à chaque extrémité. Le poids de cette voiture n'est pas indiqué.

L'exploitation est faite par la Compagnie des Tramways de Mulhouse à laquelle a été remis le matériel roulant, et qui, moyennant une redevance

de 1,25 franc par kilomètre de train, fait le service des gares, de la voie, de la traction, le contrôle et la comptabilité des recettes et supporte la responsabilité des accidents.

Nous renverrons au mémoire pour les tarifs, le contrôle des billets, la disposition de ceux-ci, etc. Nous indiquerons seulement l'existence de trains ouvriers, l'un le matin, l'autre le soir entre Mulhouse et Sansheim, pour lesquels le prix d'abonnement est de 2,81 *fr* par mois (2,25 marks), soit 11 1/4 centimes par jour pour parcourir 12 kilomètres. Il y a actuellement 170 abonnés pour ces trains.

En 1886, il y a eu 191 368 voyageurs transportés dont 8 111 en deuxième classe, 93 507 en troisième et 89 750 ouvriers; la moyenne par jour est donc de 527 personnes.

Pour certaines localités la circulation atteint 11,93 fois la population.

On a transporté 7 802 tonnes de marchandises, soit 26 par jour.

Le parcours a été de 50 243 kilomètres machines et 529 294 kilomètres essieux. Les recettes totales ont été de 76 682 francs, soit 4 346 francs par kilomètre de voie et 1 807 francs par kilomètre de train.

Les dépenses ont été pour 39 644 kilomètres de parcours réel, manœuvres déduites, à 1,25 francs le kilomètre, soit 49 555 francs, plus 4 964 francs pour les trains ouvriers, somme abandonnée à la Compagnie des Tramways et 355 francs pour divers, total 54 874 francs.

Le bénéfice brut s'élève donc à 21 808 francs, sur lesquels on prélève 5 p. 100 pour le fonds de réserve statutaire, 125 francs par kilomètre pour fonds de renouvellement, ensemble 3 152 francs; reste donc 18 655 francs qui représentent, pour les 375 000 francs d'actions, un revenu de 5 p. 100 (1).

L'opération est donc fructueuse, et ce chemin de fer routier peut être considéré comme une solution heureuse et intéressante.

Rapport de M. Gustave Dollfus sur la **Demande de prix de MM. Kœchlin-Claudon et C^e^**, pour l'introduction d'une industrie nouvelle dans la Haute-Alsace.

Rapport de M. Grosheintz sur un **Nouveau mode de mordançage des fibres végétales**, en oxyde de chrome, de M. Max Becke, chimiste à Ebergassing (Autriche).

Rapport de M. Noelting sur les **Procédés cryptographiques** de M. A. Schlumberger.

Ces procédés ont été décrits dans le Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale de mai 1887; voir les comptes rendus de juillet 1887, page 75.

Rapport sur la marche de l'Ecole de dessin, de figure et d'ornement,

(1) La ligne Mulhouse-Ensisheim est la seule construite encore. Le capital obligations n'est pas encore appelé et ne le sera que pour la construction de la ligne Mulhouse-Wittenheim, mais le placement en est assuré; l'intérêt a été fixé à 4 0/0.

de l'Ecole de gravure et de l'Ecole d'art professionnel de jeunes filles, pendant l'année 1886-1887, présenté par M. A. Favre.

Ecole de filature et de tissage mécanique de Mulhouse. Exercice 1886-1887, 26e exercice de l'Ecole.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 41. — 8 *octobre* 1887.

Paquebots-poste allemands, ***Preussen***, ***Baiern*** et ***Sachsen***, construits par la Société Vulcan, à Stettin.

Les machines agricoles et la première Exposition de la Société allemande d'agriculture à Francfort-sur-le-Mein, par le Dr A. Wüst *(fin)*.

Elasticité des courroies en coton imprégné, par C. Bach.

Groupe de Hanovre. — Chemin de fer à voie étroite, de Gernerode à Harzgerode. — Montre Waterbury. — Etablissement pour le filtrage des eaux du lac, à Zurich.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de construction (IIIe partie), fondations, par L. Brennecke.

Variétés. — Jubilé de la 50e année de la fondation de la fabrique de machines de Schichau, à Elbing. — Explosion de chaudières dans l'empire allemand en 1886.

N° 42. — 15 *octobre* 1887.

Gazomètre télescopique de 10 000 mètres cubes, de l'usine à gaz municipale de Charlottenburg, construit dans le système Intze par la Société de constructions de machines de Berlin-Anhalt.

Nouvelles machines à gaz, par R. Schottler.

Constructions navales. — Le torpilleur espagnol *Ariete*.

Chauffage et ventilation. — Régulateur de combustion de Fischer et Stiehle.

Association des chemins de fer. — Ecartement divers des voies de chemins de fer.

Patentes.

Bibliographie. — Analyse qualitative et quantitative de la pâte de bois dans le papier, du Dr A. Müller.

Variétés. — Croiseur-torpilleur *Meteor*. — Propriété industrielle.

N° 43. — 22 *octobre* 1887.

Nouvelles machines à gaz, par R. Schottler *(suite)*.

Gazomètre télescopique de 10 000 mètres cubes, de l'usine à gaz municipale de Charlottenburg, construit dans le système Intze par la Société de construction de machines de Berlin-Anhalt *(fin)*.

Instruments de précision. — Compteur de tours pneumatique de Rung. — Dynamomètre de A. Meeze. — Tachymètre Desdouits. — Dynamomètre Giddings.

Groupe de Hanovre. — Nouveaux appareils de graissage.

Patentes.

Variétés. — Chemins de fer électriques.

N° 44. — 29 *octobre* 1887.

Nouveaux appareils dragueurs et excavateurs, et dispositions pour l'enlèvement des déblais, par B. Salomon.

Nouvelles machines à gaz, par R. Schottler *(fin)*.

Machines à air chaud, de Zipf et Langsdorf.

Groupe de Hanovre. — Perfectionnements dans les installations de chauffage.

Patentes.

Bibliographie. — Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, par M. Considère.

N° 45. — 5 *novembre* 1887.

Chemins de fer à câble et appareils à cribler le charbon au puits Gottessegen de l'Antonienhütte, par C. Sachs.

Nouveaux appareils dragueurs et excavateurs avec dispositions pour l'enlèvement des déblais, par B. Salomon *(fin)*.

Expériences sur une chaudière tubulaire du système Pauck, par L. Lewicki.

Groupe de Hanovre. — Machines à laver.

Congrès d'hygiène à Vienne en 1887. — Régulateurs automatiques pour installations de chauffage. — Distribution des eaux de source à Vienne. — Correction du Danube.

Patentes.

Bibliographie. — Gazette de recherches chimiques et physiques, publiée par le Dr F. Poske.

Correspondance. — Nouveaux appareils de graissage.

Variétés. — Exposition d'appareils et dispositions contre les accidents de fabrique à Berlin en 1889.

N° 46. — 12 *novembre* 1887.

Emploi du combustible liquide dans la navigation, par C. Busley.

Diagrammes des machines à gaz, par E. Kœrting.

Théorie des turbines à pression à libre écoulement, par R. Werner.

Groupe de Hanovre. — Avantages économiques de l'emploi des moteurs hydrauliques.

Groupe de Cologne. — Le gaz Dowson et son emploi dans les moteurs à gaz.

Patentes.

Variétés. — Production métallurgique des Etats Prussiens, de 1882 à 1886.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 24580-7.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1887.

N° 6

Sommaire des séances du mois de décembre 1887 :

1° *Discours prononcé* par M. A. Brüll *au banquet de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs* (Séance du 2 décembre, page 474);

2° Note de M. Piarron de Mondesir sur *la Force* (Séance du 2 décembre, page 475);

3° *L'Eclairage électrique aux Etats-Unis en mars 1887*, par M. E. Martin (Séance du 2 décembre, page 477);

4° *Secours contre l'incendie dans les théâtres*, par M. E. Gaget (Séance du 2 décembre, page 478);

5° *Sécurité dans les théâtres;* discussion par MM. E. Cornuault, H. Chevalier, E. Polonceau, J. Gaudry, A. Chatard, A. Ellisen, E. Badois, D. Casalonga, A. Lencauchez, J. Derennes, E. Gaget, E. Simon et P. Regnard (Séance du 2 décembre, page 479);

6° *Situation financière de la Société*, par M. A. Hallopeau, trésorier (Séance du 16 décembre, page 490);

7° *Pension viagère* à Mme veuve Husquin de Rhéville (Séance du 16 décembre, page 494);

8° *Election des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1888* (Séance du 16 décembre, page 495).

Pendant le mois de décembre la Société a reçu :

1° De M. Ph. Roux, membre de la Société, deux exemplaires de son *Traité sur l'affûtage et l'appointissage des forets hélicoïdes et plats ;*

2° De M. R. Le Brun, membre de la Société, sa brochure sur les *Méthodes approchées de quadrature ;*

3° De M. Jules Géraud, plusieurs exemplaires de sa traduction de la loi brésilienne du 14 octobre 1887 sur les *Marques de fabrique et de commerce;*

4° Le n° 4 du tome I des *Mémoires de la Société scientifique de Mexico;*

5° De M. Charles Lucas, membre de la Société, ses notes sur le *4e Congrès provincial des Architectes français ;*

6° De M. P. Barbe, membre de la Société, sa brochure sur l'*Emploi des engrais chimiques.*

Les auteurs sont invités, pour désigner les mesures métriques, à bien vouloir se servir des abréviations déterminées par le Congrès international du mètre. Ces abréviations sont indiquées page 738 du 1er volume, année 1884, du Bulletin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1887

Séance du 2 Décembre 1887

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. S. PÉRISSÉ demande à faire une observation au sujet du procès-verbal de la dernière séance; il s'est aperçu, en le lisant, qu'il n'avait pas bien entendu un point de la communication de M. Horsin-Déon : notre collègue avait dit, en effet, que *la quantité de vapeur* condensée sur une surface de chauffe est (toutes choses égales d'ailleurs) *inversement proportionnelle* au volume spécifique de cette vapeur. Le mot *inversement* avait échappé à M. Périssé, et sa réponse s'en est ressentie. Il s'empresse de reconnaître son erreur, mais il ne la regrette pas, car elle lui a fourni l'occasion de faire connaître à la Société les résultats d'expériences inédites, pouvant présenter un certain intérêt dans la question.

M. P. HORSIN-DÉON se félicite de l'erreur commise par M. Périssé, parce qu'elle l'a amené à nous faire connaître une formule nouvelle, qui serait peut-être restée longtemps sans voir le jour. Les recherches expérimentales de M. Périssé éclairent un côté de la question qui reste encore à étudier : la transmission de la chaleur à travers la paroi, et sa réception par le liquide, ainsi que la comparaison du chauffage des liquides au chauffage des gaz.

Sous réserve des observations qui précèdent, le procès-verbal de la séance du 18 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître à la Société que notre collègue, M. C. Chaperon, ingénieur au chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir que le 1er décembre a eu lieu le banquet annuel de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs; il a eu l'honneur d'y assister, sur l'invitation du Président d'honneur, M. le sénateur Feray, du Président effectif, notre collègue M. A. Lié-

baut, et du bureau de la Chambre. Cette réunion, comprenant 250 personnes environ, a été très cordiale; M. le Président a eu l'occasion d'y prononcer au nom de la Société le toast reproduit ci-après :

Messieurs,

La Société des Ingénieurs Civils change chaque année de président, et comme, par une coutume hospitalière, vous conviez toujours à votre fête annuelle le président en exercice, vous devez vous attendre à recevoir, chaque fois par un nouvel organe, les compliments de la Société.

Mais, par une circonstance particulière, votre dernier banquet s'est trouvé quelque peu retardé, et c'est ainsi que votre reconnaissant convive du mois de janvier vient encore aujourd'hui, par une bonne fortune dont il s'applaudit, vous présenter les remercîments et les vœux des Ingénieurs Civils.

Veuillez m'excuser si, malgré moi, je me répète. Aussi bien, si vous aviez devant vous un autre représentant de la Société, vous entendriez une voix plus éloquente, non pas plus sincère, mais ce serait toujours la répétition des mêmes sentiments d'amitié cordiale et intime, des mêmes souhaits de prospérité pour chacun de vous, Messieurs, et pour votre Chambre syndicale.

C'est avec grand plaisir que je retrouve parmi vous beaucoup de mes collègues, et nos listes respectives pourraient encore s'emprunter mutuellement de nouveaux noms. Votre Syndicat et notre Société sont en union étroite et fraternelle; les deux institutions ont les mêmes idées, elles ont les mêmes intérêts.

Le progrès industriel, auquel nous travaillons en commun, subit, malgré nos énergiques efforts, un temps d'arrêt prolongé dont nous souffrons ensemble.

En dehors des causes d'ordre général qui ont amené cette crise et qui l'entretiennent, on ne saurait contester que, pour la France, l'instabilité et l'incertitude du lendemain ne viennent l'aggraver singulièrement.

Comme l'a très bien dit M. le Président Liébaut, tout mécanisme qui éprouve des secousses répétées donne de médiocres résultats, fournit peu d'effet utile et se conserve mal. Qui donc saura appliquer à la machine gouvernementale le régulateur ou le frein dont elle semble avoir besoin?

Nous avons heureusement ce soir à notre tête un honorable membre de l'Assemblée souveraine qui va se réunir pour régler nos destinées. Qu'il nous permette de faire un respectueux appel à sa haute sagesse et à son patriotisme éprouvé. Cet appel, le vénérable M. Feray l'a devancé dans l'éloquente déclaration qu'il nous adressait tout à l'heure.

Nous voudrions qu'au milieu de la réunion solennelle, notre Président conservât le souvenir de la table de famille qui nous rassemble aujourd'hui autour de lui. Qu'il veuille considérer que les constructeurs et les ingénieurs, avec les milliers d'ouvriers dont ils dirigent les travaux, aspirent ardemment à la stabilité, à l'apaisement, à la sécurité.

Assez de discordes, assez d'intrigues que nous pouvons à peine comprendre et dont nous subissons cependant les conséquences funestes. Il est temps enfin de songer au monde des travailleurs, qui risque d'user ses forces jusqu'à l'épuisement dans ces stériles agitations et qui est prêt, dès qu'on le lui permettra, à reprendre en paix sa tâche pour le relèvement de la patrie.

Messieurs, je bois à la santé de M. Feray, président d'honneur du Syndicat, membre du Congrès.

M. Piarron de Mondesir lit la note suivante, en réponse aux observations produites par M. Bertrand de Fontviolant, dans la séance du 4 novembre 1887, relativement à son Mémoire *sur la Force :*

M. Bertrand de Fontviolant dit d'abord que la nouvelle formule de définition que je donne de la Force,

$$\text{(A)} \qquad F = M\frac{dV}{dt} + V\frac{dM}{dt},$$

paraît ne devoir s'appliquer que dans un cas particulier, celui où le mouvement est de *translation*.

A cela je réponds que la formule (A) est aussi générale que possible et qu'elle s'applique aussi bien à un mouvement de *translation* qu'à un mouvement de *rotation*, la masse mobile étant d'ailleurs constante ou variable.

La meilleure preuve que j'en puisse donner, c'est le problème de la détermination de la force centrifuge (chapitre IX du Mémoire), où j'applique la formule (A), avec le concours du principe de d'Alembert, à un système en mouvement, dont l'une des masses est constante et tourne autour d'un point fixe, et dont l'autre est variable et animée d'un mouvement de translation.

M. Bertrand de Fontviolant dit ensuite que la formule (A) peut donner lieu à de sérieuses difficultés.

Quelles difficultés ? Est-ce que les applications que j'en fais, pour le mouvement des masses variables, ne donnent pas des résultats d'une exactitude absolue ?

Il est d'avis de conserver l'ancienne formule,

$$\text{(B)} \qquad f = mj,$$

qui est donnée par tous les auteurs, non pas pour un corps, mais bien pour un seul point matériel.

Il ajoute : « En se tenant à ce point de vue, il n'y a pas, dans la définition de la Force, à considérer la masse comme étant variable, puisque, pour le point matériel, cet élément est essentiellement constant. »

Ici, mon honorable contradicteur commet une erreur grave.

Il considère la masse en mouvement comme composée de points matériels tous égaux entre eux, et il leur applique la formule (B).

Si la masse mobile est constante, cette application sera exacte incontestablement.

Mais si la masse mobile est variable, il en sera évidemment de même du nombre des points matériels en mouvement à un instant donné.

Or, cette variation du nombre des points matériels mobiles n'est-elle pas la même que celle de la masse totale en mouvement ?

Cette application de la cinématique ne peut donc supprimer la variation de la masse et, par suite, le terme $V\frac{dM}{dt}$ de la formule (A).

M. Bertrand de Fontviolant, convaincu de l'exactitude de sa théorie sur le point matériel mobile, de masse essentiellement constante, prétend qu'il est toujours possible d'étudier le mouvement d'un système quelconque de masse totale, constante ou variable, soit par l'application directe du principe de d'Alembert, soit au moyen d'un des théorèmes généraux qui en découlent.

Eh bien ! qu'il fasse cette étude avec la formule (B) pour le problème des deux chaînes du chapitre VI, et qu'il la présente à la Société !

On pourra voir alors si un tel problème peut être résolu sans le concours de la force $V\frac{dM}{dt}$, avec l'application directe du principe de d'Alembert, ou des théorèmes généraux qui en découlent.

Parmi ces théorèmes généraux, il faut distinguer le vieux principe des forces vives, qui date de la fin du XVII^e^ siècle, qui est par conséquent antérieur au principe de d'Alembert, et qui est dû à Huyghens. Ce principe est applicable à tout système en mouvement, que les masses soient constantes ou variables (chap. VII).

Donc, en invoquant ce principe, mon honorable contradicteur pourra certainement résoudre le problème dont il s'agit; mais il ne le pourra faire qu'avec le concours de la force $V\frac{dM}{dt}$.

M. Bertrand de Fontviolant termine en disant que la formule (A) peut se déduire du théorème de la variation de la quantité de mouvement. Ici, nous sommes d'accord.

En résumé, les observations de M. Bertrand de Fontviolant tendent à la suppression du second terme de la formule (A). Elles reposent sur la constance d'un élément qui cesse d'être constant, quand la masse mobile devient variable.

La Société comprendra que mon but n'est pas de donner ici une nouvelle formule pour résoudre les problèmes de la Mécanique, mais simplement d'élucider la question de la Force, qui est encore obscure de nos jours.

Le véritable moyen de résoudre, à coup sûr, tous les problèmes de la Mécanique, est dans l'application du principe moderne, dont M. Bertrand de Fontviolant ne parle même pas, et qui contient cependant tout l'avenir de cette science (1).

(1) Voici la réponse aux observations ci-dessus, adressée à la Société par M. BERTRAND DE FONTVIOLANT, qui n'avait pu assister à la séance. M. Bertrand de Fontviolant déclare persister dans ses précédentes appréciations, et se borne, pour ne pas prolonger outre

M. LE PRÉSIDENT ne croit pas que le dissentiment entre M. Piarron de Mondesir et M. Bertrand de Fontviolant soit bien profond ; il paraît reposer plutôt sur une question de forme que sur une question de fond.

M. E. MARTIN a la parole pour sa communication sur le développement actuel de l'éclairage électrique aux Etats-Unis.

M. E. Martin, après avoir rappelé que les procédés industriels de production de lumière électrique ont été importés aux Etats-Unis en 1876 par notre collègue M. Hippolyte Fontaine, fait connaître les développements

mesure la discussion, à retenir de la réponse de M. de Mondesir les deux déclarations suivantes :

1° La formule

$$(A) \qquad F = M \frac{dV}{dt} + V \frac{dM}{dt}$$

n'est qu'une conséquence du théorème de la variation de la quantité de mouvement.

2° Cette même expression ne constitue pas « une nouvelle formule pour résoudre les problèmes de la mécanique ».

Sur ces deux points essentiels M. Bertrand de Fontviolant constate que l'accord est complet entre M. de Mondesir et lui ; mais il ajoute que cet accord cesse lorsque M. de Mondesir affirme que la formule (A) est « aussi générale que possible » et prétend justifier son dire en invoquant l'exactitude du résultat obtenu par l'application de ladite formule à un exemple particulier, dans lequel, d'ailleurs, la masse variable est animée d'un simple mouvement de translation rectiligne.

Si la formule (A) était générale, elle s'appliquerait, pour le moins, au cas où la masse en mouvement est constante. Or, il n'en est pas ainsi ; effectivement, elle se réduit, dans cette hypothèse, à

$$(A') \qquad F = M \frac{dV}{dt},$$

alors que l'on sait que la force, agissant sur une masse constante décrivant une trajectoire quelconque, admet deux composantes : l'une $M \frac{dV}{dt}$, dirigée suivant la tangente à la trajectoire; l'autre $M \frac{v^2}{\rho}$ (ρ étant le rayon de courbure), dirigée suivant la normale principale. La formule (A') est donc insuffisante, puisqu'elle ne tient nul compte de la composante normale ; et il en est, par suite, de même de la formule (A) dont elle est tirée.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT ajoute qu'il n'a jamais voulu dire que la formule (A) pût donner lieu à des difficultés d'application. Comment l'application d'une formule qui n'est qu'une conséquence directe d'un théorème bien connu, pourrait-elle, en effet, donner lieu à des difficultés ? Il a dit que chercher à donner la définition de la Force en considérant un système matériel de masse variable, — au lieu de la définir sur un point matériel dont la masse est constante, — était se créer de sérieuses difficultés : à telle preuve que M. de Mondesir, qui a tenté de le faire, a abouti à une formule qui manque de généralité et ne saurait, en conséquence, être donnée comme définition de la Force, la première condition que doit remplir une définition étant d'être absolument générale.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT n'a pas dit non plus, ainsi que paraît le croire M. de Mondesir, que la masse était constante pour des points matériels différents ; il a dit que, pour un même point matériel, la masse était constamment la même à toute époque du mouvement.

Il fait ensuite remarquer que M. de Mondesir, après avoir affirmé qu'il n'est pas possible de résoudre le problème des deux chaînes (chap. VI du mémoire *sur la Force*), soit par l'application directe du principe de d'Alembert, soit au moyen d'un des théorèmes généraux qui en découlent, — détruit, quelques lignes plus loin, sa propre assertion, en reconnaissant que la solution du problème est donnée par le principe des Forces vives, lequel, bien qu'ayant été découvert antérieurement à celui de d'Alembert, n'est pas moins une conséquence de ce dernier, ainsi que l'établissent d'ailleurs les Traités de mécanique analytique modernes.

M. BERTRAND DE FONTVIOLANT dit enfin qu'il est permis de douter que « le moyen de résoudre, à coup sûr, tous les problèmes de la mécanique, réside dans l'application du principe moderne » ; et cela par la raison simple que ce principe, comme celui des forces vives, n'est applicable que sous la réserve expresse que les liaisons du système considéré sont indépendantes du temps ; quand cette condition n'est pas remplie, l'application des principes en question ne peut conduire qu'à des résultats erronés.

rapides réalisés par cette industrie, surtout depuis 1880. Une des causes de ces progrès surprenants tient surtout à la constitution, dès l'origine, de Sociétés exploitant des *usines centrales;* les Américains se sont mis ainsi à l'abri des mécomptes que la lumière électrique a longtemps produits chez les particuliers dans nos pays.

M. E. Martin donne des renseignements très complets sur le mode de fonctionnement des diverses Compagnies d'exploitation, sur leurs procédés et appareils, les prix de revient de la lumière, et la comparaison des résultats obtenus.

M. le Président remercie M. Martin de son intéressante communication. Nos collègues ont été frappés comme lui de la clarté, de l'abondance et du caractère pratique des documents qu'il nous a apportés, ainsi que de l'énorme et rapide développement qu'a déjà reçu l'éclairage électrique aux Etats-Unis, avec la hardiesse qui caractérise cette nation. Il serait à désirer que plusieurs membres de la Société fissent un travail analogue pour les autres industries à l'étranger, et que les résultats obtenus fussent également portés à notre connaissance.

M. E. Gaget a la parole pour sa communication sur le secours contre l'incendie dans des théâtres.

M. E. Gaget donne des indications sur l'organisation du service d'incendie dans les théâtres, tel qu'il fonctionnait encore dans ces derniers temps. Le sinistre que nous avons eu à déplorer récemment à Paris, a donné lieu à une série de mesures nouvelles. MM. Trélat, Edoux et Vernes nous ont entretenus, dans la séance du 21 octobre dernier, des précautions à prendre. M. E. Gaget dit qu'en outre de ces précautions, il est nécessaire que chaque théâtre possède un service hydraulique parfaitement aménagé, service *ordinaire*, service *extraordinaire* ou *de grand secours*, et il indique les conditions que chacun d'eux doit remplir. Il fait connaître en même temps les défauts qu'il faut chercher à éviter, et dont il a malheureusement constaté l'existence dans beaucoup de nos théâtres parisiens.

En terminant, M. E. Gaget donne des renseignements sur l'excellente organisation du service d'incendie dans les grands magasins du Bon Marché; il approuve la constitution d'un corps de pompiers civils, spécial à cet établissement, et croit qu'il y aurait là un modèle dont nos théâtres pourraient avantageusement profiter.

M. le Président remercie tout particulièrement M. Gaget de son importante communication; M. Gaget a pris la peine de se rendre dans un grand nombre de théâtres, et d'étudier sur place tous les points intéressants dont il est venu nous rendre compte aujourd'hui. Il a constaté dans quelques-uns des défectuosités qui seraient de nature à nous inspirer des craintes sérieuses, s'il n'y était promptement porté remède. La discrétion seule l'a empêché de désigner ceux de ces établissements où il a reconnu des causes particulières de danger.

M. E. GAGET répond qu'il a été très bien accueilli par tous les directeurs, et qu'il ne faut pas toujours attribuer à l'incurie les défauts signalés : ceux qui passent journellement dans les nombreux couloirs d'un théâtre qu'ils connaissent très bien n'ont jamais été frappés par certaines dispositions vicieuses qui ont attiré son attention lors d'une première visite. M. E. Gaget ajoute même que plusieurs de ses observations ont été écoutées et ont amené des modifications immédiates.

M. LE PRÉSIDENT pense qu'il est opportun d'ouvrir la discussion sur les quatre communications récemment faites à la Société, relativement à la sécurité dans les théâtres. La question d'éclairage, notamment, peut donner lieu à des comparaisons intéressantes.

M. CORNUAULT demande la parole sur cette question.

M. CORNUAULT.—Messieurs, dans la séance du 21 octobre, M. Vernes a exposé les avantages principaux de l'éclairage électrique au point de vue de la sécurité dans les théâtres, et maintenant seulement s'ouvre devant vous la discussion sur cette intéressante question, qui a si fort passionné l'opinion publique depuis le terrible incendie de l'Opéra-Comique.

Je dois commencer par dire que je parle ici, bien entendu, en mon seul nom personnel, et non comme porte-parole d'une Compagnie, d'une corporation quelconque; ce serait donc fort à tort qu'on s'imaginerait que c'est en moi le gaz, — le vieux gaz — qui se défend contre l'éclairage électrique : je vois les choses de plus haut, et je pourrais d'ailleurs vous dire que, tout en m'occupant de gaz, je m'occupe aussi d'éclairage électrique, et que précisément, une des grandes villes de France éclairée au gaz par la Compagnie que je dirige, a eu fort récemment ses deux théâtres éclairés à la lumière électrique par la Compagnie du gaz elle-même.

C'est vous dire, Messieurs, qu'il m'a été donné, ce qui est encore le cas de peu de personnes, de voir les *deux côtés* de la question, de me rendre bien compte des avantages de l'éclairage électrique comme aussi de ceux de l'éclairage au gaz d'un théâtre.

Si l'éclairage électrique a été installé par nos soins dans deux théâtres, c'est assurément parce que nous y avons reconnu des avantages qu'on ne saurait nier sans parti pris, et aussi encore, il faut bien le dire, parce que l'opinion publique se portant avec un engouement irrésistible vers l'éclairage électrique des théâtres, il est de ces courants contre lesquels on ne lutte pas. C'est en partie avec raison, ai-je dit; mais cependant, je crois qu'il faut se garder de toute exagération et surtout réagir contre cette tendance qui pourrait avoir des conséquences graves, qui consiste à croire que, pour peu qu'un théâtre soit éclairé à la lumière électrique, la sécurité y est complète. Il semblerait que, du moment que l'affiche d'un théâtre dit qu'il est éclairé à la lumière électrique, et qu'il n'y a plus un seul bec de gaz dans la salle ni dans ses dépen-

dances, c'en est assez pour donner toute sécurité au public et dispenser d'autres mesures. Eh bien! Messieurs, là est l'écueil, et je crois qu'il serait particulièrement dangereux de s'endormir à l'abri d'une fausse sécurité. J'estime que, du fait de l'éclairage électrique *seul*, on jouirait d'une sécurité qui serait loin d'être suffisante.

Si l'on veut obtenir une réelle sécurité dans les théâtres, il faut, avant de parler d'éclairage électrique, s'occuper de la question des dégagements toujours insuffisants dans les constructions actuelles en cas de panique produite par une cause quelconque, fût-ce l'alerte donnée par un mauvais plaisant; s'occuper en deuxième ou troisième ligne de la question du rideau métallique plein, séparant la scène de la salle; imprégner aussi les décors de substances qui les rendent incombustibles et ne faire intervenir l'éclairage électrique, comme complément de sécurité, qu'après ces premières données remplies.

Donc, Messieurs, je crois que quand notre collègue, M. Vernes,— faisant ressortir avec conscience et talent certains avantages incontestables de l'application de l'éclairage électrique aux théâtres, — énonce, dans la séance du 21 octobre, « qu'on admet, en général, qu'un théâtre » entièrement éclairé à l'électricité est à l'abri de l'incendie », je crois qu'il y a simplement exagération, et que si on l'admet en général, on fera bien de le vérifier en particulier. On a eu souvent le tort, et ce n'est peut-être pas une des considérations qui ont le moins nui à l'éclairage électrique, qui a besoin, comme toute industrie naissante. du concours de capitaux patients, de le présenter, pour des motifs qui n'ont rien à faire avec la science, comme une sorte de panacée universelle. Autrement dit, on a forcé la note, et on la force encore, à mon sens, en parlant de substituer l'éclairage électrique au gaz dans toutes les parties des théâtres, sans se rendre compte suffisamment des inconvénients de cette substitution; c'est là un point important sur lequel je tiens à insister devant vous.

N'y a-t-il pas, en effet, certaines parties du théâtre qui soient particulièrement dangereuses et qui appellent spécialement l'éclairage électrique à incandescence, éclairage présentant l'avantage d'avoir ses foyers lumineux localisés dans des globes fermés, tels qu'aucune flamme ne puisse s'en échapper? Là-dessus tout le monde a répondu à l'avance. A la suite de l'incendie de l'Opéra-Comique, une commission a été instituée, en juin dernier, pour « examiner les précautions à prendre contre les incendies, et pour étudier les réformes à apporter dans les théâtres subventionnés ».

Cette commission a remis à une sous-commission le soin d'étudier dans sa généralité la question des réformes à introduire dans les théâtres pour y établir la sécurité, et cette sous-commission a nommé rapporteur notre collègue, M. Emile Trélat.

Dans un rapport extrêmement remarquable, littéraire, imagé, plein de vues élevées, et dont on ne saurait trop recommander la lecture

(*Officiel* du 21 août), M. Trélat a exposé avec une méthode parfaite les conditions dangereuses d'un théâtre, les moyens de combattre l'incendie, etc.. etc....

M. Trélat commence ainsi son chapitre premier :

« On peut dire que *toujours* l'incendie d'un théâtre naît sur la scène, » et *presque toujours* il surgit à l'approche d'une flamme et d'un objet » inflammable. »

est impossible de reconnaître plus nettement que le fait M. Trélat, que le danger d'incendie est sur la scène et non ailleurs. Et c'est bien également ce que constatait M. Vernes lorsqu'il vous disait dans sa communication :

« Vous savez que c'est, en général, sur la scène que le feu se déclare; » il suffit d'un bec mal réglé ou d'un excès de pression dans les con- » duites pour faire filer un brûleur et causer un désastre, etc..... »

Vous savez tous, Messieurs, comment est constitué l'éclairage de la scène d'un théâtre : dans la partie supérieure de la scène, une série de rampes horizontales : les *herses;* sur les côtés, des rampes verticales : les *portants.*

Les herses placées au milieu des décors sont entourées de grillages métalliques pour tenir les flammes du gaz à distance des toiles des décors. Là surtout est le danger, il serait puéril de le nier, et les exemples de l'Opéra-Comique, d'Exeter, etc., ne l'ont que trop prouvé.

Mais ce danger existe-t-il au même titre dans les autres parties du théâtre? Dans la salle, par exemple ? Nullement. L'éclairage de la salle est constitué généralement par un lustre accompagné parfois d'un certain nombre d'appliques placées près des loges. Eh bien ! le lustre à gaz n'offre réellement aucun danger. Il est isolé au milieu de la salle, il n'est en contact avec aucun objet inflammable, il est parfaitement innocent des incendies qui ont dévoré les théâtres, la statistique est là pour le prouver. Le lustre à gaz, au contraire, offre certains avantages, remplit certaines fonctions qu'on ne doit pas oublier.

Il ne suffit pas, en effet, qu'une salle soit éclairée ; il faut qu'elle soit ventilée et chauffée, et c'est généralement le lustre à gaz qui se charge de cette double fonction.

On le reconnaît bien maintenant depuis que beaucoup de théâtres ont adopté l'éclairage électrique : il y fait froid et la ventilation est mauvaise. Le gaz a des inconvénients, c'est incontestable ; mais il a aussi des avantages non moins incontestables, à la condition, bien entendu, de savoir s'en servir. On ne sait pas, il faut le reconnaître, toujours bien s'en servir. Le gaz est un agent de ventilation par excellence, et cependant combien peu y a-t-il d'établissements où le gaz soit consommé pour ventiler, pour provoquer une aspiration d'air frais et emporter les gaz impurs ! Dans combien d'appartements, de magasins, etc., éclairés au gaz, les appareils à gaz sont-ils disposés pour entraîner les produits de la

combustion, les gaz viciés de l'atmosphère ? Lorsque les installations sont bien faites, le gaz doit servir à la fois pour éclairer et pour ventiler. Les dispositions pour obtenir ce résultat sont des plus simples ; encore faut-il les appliquer en temps voulu.

Dans les théâtres, où la ventilation joue un si grand rôle, car enfin, vous aurez beau éclairer à la lumière électrique une salle où s'entassent 1 500 personnes, l'atmosphère sera loin d'être pure ; le lustre au gaz, au-dessus duquel est une large cheminée d'appel, provoque précisément un courant ascensionnel puissant, qui enlève les produits viciés de l'atmosphère ; par conséquent, non seulement le lustre au gaz n'est pas dangereux, mais il a un rôle des plus utiles : il ventile et il chauffe en outre.

Si vous enlevez d'un théâtre le principal agent de ventilation et de chauffage, il faut le remplacer par quelque chose : il faut par un autre moyen ventiler et chauffer. On s'en aperçoit bien maintenant. Je ne parle pas spécialement de Paris, où on a affaire généralement à des Sociétés électriques sérieuses qui s'ingénieront au prix de fortes dépenses pour remédier aux inconvénients de l'éclairage électrique ; mais, dans certains théâtres de province éclairés à l'électricité, on n'a rien fait pour la ventilation et le chauffage ; et le froid, c'est-à-dire la saison théâtrale, venu, il faut bien aviser, soit installer des calorifères, soit des tubes à circulation d'eau chaude, comme dans les serres ; il est probable que ce dernier moyen prévaudra. On l'a adopté récemment au Palais-Royal. Pour la ventilation, il faudra mettre en action un aspirateur mécanique quelconque, il faut quelque chose qui remplace l'action du lustre. Vous voyez, Messieurs, par conséquent, qu'on ne doit pas considérer la lumière électrique comme une panacée universelle : il n'est que juste de reconnaître aussi les avantages du gaz. Je l'abandonne, dans une large mesure, sur la scène ; mais, que l'on constate au moins les services qu'il rend dans la salle. Vous ne serez pas étonnés, dans ces conditions, d'apprendre que les Conseils municipaux des villes de Bruxelles, de Marseille et d'autres, se soient prononcés pour l'éclairage mixte : éclairage électrique sur la scène, au gaz dans la salle.

Maintenant, et puisque c'est surtout la question de sécurité qui nous occupe ici, l'éclairage électrique n'offre-t-il pas par lui-même certains dangers ? Et quand vous remplacez le gaz par l'éclairage électrique, ne substituez-vous pas un danger à un autre ? Les exemples d'incendie, du fait de l'éclairage électrique qui est cependant récemment appliqué, sont fort nombreux ; M. Vernes a eu bien soin de vous dire :

« Il ne faut pas, toutefois, considérer que l'emploi de la lumière électrique suffise pour mettre un théâtre à l'abri de l'incendie. Il faut aussi » s'assurer que les canalisations sont établies avec grand soin, car si, » par suite de travaux mal exécutés, on avait à craindre des contacts » entre les fils, un échauffement anormal des conducteurs à redouter, » etc... »

Et M. Vernes s'étend sur la nécessité des coupe-circuits, ces appareils

à plombs fusibles, dits de sûreté, qui vous ont été décrits et qui doivent être placés à tous les branchements et dérivations secondaires, sous peine d'un grand danger, lequel n'est évité qu'à la condition, bien entendu, que tous les coupe-circuits fonctionnent bien. En effet, si on ne prend pas toutes les précautions voulues et réglées par l'art, on s'expose à substituer, comme je l'ai dit plus haut, simplement un danger à un autre ; à un autre qui a déjà causé de nombreux accidents tenant aux dangers insuffisamment connus de la canalisation électrique. Je peux vous en citer un exemple :

Il y a un peu moins d'un an, le 27 décembre 1886, un grand théâtre de Philadelphie éclairé à l'électricité, le théâtre du Temple, était complètement incendié, deux pompiers tués, un grand nombre de personnes blessées, asphyxiées, etc., le théâtre réduit en cendres. Quelle était la cause de l'incendie ? L'enquête a été faite par le jury du Coroner, et voici les conclusions du rapport officiel :

« L'incendie n'a pas d'autre cause apparente que l'électricité. Le feu n'a pas été mis par malveillance. Enfin, le feu peut être mis de bien des manières au moyen de circuits de lampes à incandescence ayant un potentiel très peu considérable, si l'on ne prend pas des précautions spéciales et si l'installation est défectueuse.

Les membres du jury sont heureux de reconnaître qu'ils ont les plus grandes obligations à M. l'inspecteur William Mac-Devitt, du service des assurances, pour les essais qu'il a faits et qui ont démontré péremptoirement les points suivants :

1° Les lampes à incandescence peuvent mettre le feu à des substances combustibles, quand leur chaleur reste concentrée ou qu'on la laisse accumuler. Il n'est pas nécessaire pour cela que la lampe éclate.

2° Une lampe à incandescence peut, en éclatant, mettre le feu à des gaz inflammables.

3° La rupture d'une lampe à incandescence ne met pas le feu, dans les cas ordinaires, aux corps solides, même s'ils sont extrêmement combustibles.

4° L'humidité ou le bois humide peuvent former des courts circuits dans la canalisation des lampes à incandescence et causer par là des incendies.

5° Les joints lâches, qui ne sont pas soudés, offrent du danger et sont susceptibles de produire des incendies.

6° L'usure des isolants, qui met à nu les conduites flexibles tordues, peut produire des incendies, si l'on n'emploie pas des plombs fusibles de sûreté.

7° Les conditions essentielles moyennant lesquelles un système d'éclairage à incandescence peut fonctionner sans danger sont les suivantes : emploi d'un bon système de plombs fusibles sur tous les points du circuit; isolation parfaite de tous les points du circuit ; soudure des joints;

écartement des lampes assez considérable pour que la chaleur ne puisse pas s'accumuler.

Nous avons encore fait les constatations suivantes :

La pose des fils, dans le voisinage des toiles et rideaux combustibles du théâtre du Temple, avait été assez mal faite pour offrir du danger.

La cause de l'incendie qui a éclaté dans la section du théâtre du Temple, affectée au musée, a été un court circuit dans le réseau des lampes à incandescence.

En estimant qu'il est de notre devoir de déterminer les causes possibles d'incendie par le fait des circuits alimentant les lampes électriques, nous sommes convaincus que les Compagnies responsables peuvent prévenir les risques d'incendie et les réduire au minimum par une installation qui ne laisse rien à désirer. »

Vous voyez, Messieurs, que ces conclusions et ces constatations répondent bien aux miennes. Il faut, en matière de canalisation électrique, prendre des précautions minutieuses et toutes spéciales; il faut les prendre avec intelligence et sérieuse compétence ; il faut enfin ne pas reculer devant les dépenses élevées qu'entraîne forcément une canalisation bien calculée, comportant des poids de cuivre élevés, et il s'agit de savoir si toutes les installations faites, avec une rapidité peu compatible avec le soin, par les nombreux électriciens de qualités différentes qui se sont précipités sur les théâtres à la suite de l'accident de l'Opéra-Comique, ont toujours bien rempli toutes les conditions voulues ; une enquête à ce sujet ne serait peut-être pas inutile, et je crois qu'on ne saurait trop insister sur ce point.

Notre collègue, M. Trélat, dans son rapport précité, avait parfaitement apprécié le grand danger des canalisations électriques imparfaites, lorsqu'il énonçait que des conducteurs mal proportionnés s'échauffent beaucoup et que, mal isolés, ils deviennent d'un voisinage dangereux.

M. Vernes, lui aussi, vous a fait consciencieusement toucher du doigt le danger; il vous a rappelé la formule fondamentale $I = \frac{E}{R}$ qui lie les unités électriques entre elles, et qui fait voir que E, nombre de volts, étant constant, l'intensité I, ou le nombre d'ampères, augmente, quand R, la résistance, diminue. Quand la résistance diminuera-t-elle ? Elle pourra diminuer dans bien des occasions : par suite d'un défaut d'isolement des conducteurs, par exemple; par un contact quelconque dans une douille, un clou planté mal à propos, etc. Alors R, la résistance, diminuera et, par suite, I, le nombre d'ampères, augmentera. Quand le nombre d'ampères, augmentant, aura dépassé deux ampères par millimètre carré de section de cuivre, diront les uns (d'autres diront un ampère, d'autres diront trois; en Angleterre, la règle est 1 1/2), vous ne serez plus dans de bonnes conditions de sécurité, et il y aura échauffement du cuivre, ramollissement et fusion de l'enveloppe plus ou moins caoutchou-

tée qui le protège et l'isole, partant, fil rougi, dangereux au contact d'une boiserie, d'une tenture quelconque. Il y en a eu un exemple, pas bien ancien, dimanche dernier, à la Porte-Saint-Martin, tous les journaux en ont parlé : il y a eu une panique; on se sauvait dans les escaliers, dans les couloirs. Ce qui s'était passé était bien simple : R s'était mis à diminuer quelque part dans la canalisation, alors I avait augmenté; l'isolant s'était fondu, et une odeur intense de caoutchouc brûlé s'était répandue dans la salle qui a fait croire à un incendie, et on s'empressait de se sauver malgré l'éclairage électrique. On a fini par se rassurer et il n'y a pas eu même commencement d'incendie; mais vous voyez tout le danger de la canalisation électrique, dès qu'elle cesse d'être dans des conditions irréprochables, et les inconvénients qu'on rencontre, à côté des grands avantages de l'éclairage électrique. Ma conclusion, c'est tout d'abord que l'éclairage électrique, qui a sa place marquée, semble-t-il, sur la scène des théâtres, dans les herses et sur les portants, doit, la plupart du temps, se restreindre exclusivement à la scène, le gaz étant maintenu dans la salle, à cause des avantages qu'il présente et comme agent de ventilation et comme agent de chauffage; et ensuite que, ainsi que vous l'a si bien fait voir M. Vernes, l'ingénieur distingué de la Compagnie Edison, dont la compétence est indiscutable, il y a indispensabilité, sous peine de grave danger, de faire une installation très soignée quand il s'agit d'éclairage électrique. L'attention doit être portée surtout sur la canalisation d'une façon toute spéciale; on ne saurait prendre trop de précautions. Il faut donc dépenser beaucoup d'argent; il faut avoir de bons isolants, de bons ouvriers, en un mot ne rien négliger pour que la canalisation électrique présente le minimum de danger d'incendie possible.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que M. Cornuault, tout en accordant à l'électricité une certaine place dans les théâtres, a cherché à défendre le gaz contre les attaques dont il est actuellement l'objet et à montrer que ce mode d'éclairage peut, en bien des points, même dans les théâtres, soutenir avantageusement la comparaison avec son concurrent. Il y a cependant un point qui paraît n'avoir pas été touché : c'est celui relatif à la dépense. M. le Président cite un fait récent: celui de l'éclairage de l'Odéon de Munich, salle contenant environ 1 200 personnes. Après qu'un premier projet d'éclairage par l'électricité eut été accepté, une Compagnie d'éclairage au gaz demanda à étudier la question à son point de vue, et présenta un second projet dans lequel l'installation et l'éclairage revenaient moins cher qu'avec l'électricité; de plus, la Compagnie offrait une garantie contre tout danger d'incendie provenant du fait de l'installation, avec l'avantage de la ventilation et du chauffage de la salle. Après examen de la part des autorités locales, c'est cette dernière solution qui a été adoptée, et elle donne toute satisfaction au public.

M. E. GAGET n'a pu obtenir dans les théâtres des renseignements relatifs à la comparaison des prix de revient; mais il peut donner ceux qui

lui ont été fournis par les magasins du Bon Marché, qui transforme son éclairage au gaz en éclairage électrique. Cet établissement dépensait 24 000 francs de gaz par mois; il dépense actuellement 35 000 francs en lumière électrique, plus 6 000 francs de gaz; mais cette dernière dépense va disparaître, et le coût du nouvel éclairage ne représentera guère plus d'une fois et demie celui de l'ancien, en offrant une sécurité considérable au point de vue des incendies, et en donnant infiniment plus de lumière. Ces avantages sont surtout à apprécier dans les sous-sols où a lieu la manutention des marchandises inflammables, et où le gaz donnait lieu à des appréhensions continuelles.

M. Henri Chevalier fait remarquer que, dans les théâtres, la combustion du gaz était comptée pour moitié dans le chauffage. C'est par conséquent cette moitié du chauffage qu'il faudra compter en plus avec l'éclairage à l'électricité.

M. E. Polonceau dit que le gaz a l'inconvénient de chauffer également en été; de plus il introduit dans l'air des gaz malsains, et surtout une grande quantité d'eau à l'état de vapeur, ce qui est nuisible pour la santé.

M. J. Gaudry signale un autre point de vue intéressant: c'est celui de la conservation des œuvres d'art dans les théâtres. Notre président, M. Brüll, n'avait que trop justement signalé, peu de temps après l'inauguration de l'Opéra, les dangers que le gaz insuffisamment épuré faisait courir aux belles peintures du foyer. Les chefs-d'œuvre de Baudry viennent d'être restaurés, et on peut voir de quelle perte l'art était menacé par suite d'un éclairage vicieux.

M. Gaudry, par contre, n'examinera pas si l'éclairage à l'électricité présente réellement l'absence totale de danger d'incendie ; il rappellera seulement que ce mode d'éclairage a causé, à sa connaissance, deux commencements d'incendie à bord de nos nouveaux paquebots.

Ne doit-on pas aussi craindre de voir se reproduire, avec la lumière électrique, des extinctions subites et d'assez longue durée, comme cela est arrivé sur une de nos grandes scènes de Paris ? On doit aussi dire que dans plusieurs théâtres fort brillamment éclairés à l'électricité, la chaleur est devenue fort gênante et la ventilation tout à fait insuffisante, surtout aux galeries supérieures.

M. A. Chatard peut donner un renseignement relativement au prix de revient de l'éclairage électrique à l'Opéra; il a été fait absolument au même prix que celui au gaz, sauf pour le montant du personnel chargé du service d'allumage, du maniement et de l'entretien des appareils, montant sur lequel la Compagnie concessionnaire a fait jouir l'administration de la réduction due à l'emploi de l'éclairage électrique. Le traité a été fait pour dix années qui courront du jour où l'installation totale aura été reçue par l'administration. (On procède actuellement à cette réception.) Les résultats acquis permettent de dire que la Compagnie concessionnaire, tout en tenant compte d'un amortissement de 10 0/0 pour son ma-

tériel, est certaine d'obtenir un bon intérêt du capital qu'elle a immobilisé.

M. A. Ellissen ne voit pas, dans ce qui vient d'être dit, une base suffisamment exacte d'appréciation; en effet, sur le prix de 0,30 *fr* que coûte le gaz à Paris, 0,11 *fr* reviennent à la Ville; et encore le reste, c'est-à-dire 0,19 *fr*, constitue un prix obligatoire, qui, si la Ville l'autorisait, pourrait être réduit en faveur des consommateurs aussi importants que l'Opéra, à 0,15 *fr* et même à moins; alors la supériorité du gaz sur l'électricité, à ce point de vue, devient écrasante. M. Ellissen cite d'autres exemples, qui prouvent que la comparaison ne peut être établie équitablement dans les circonstances actuelles où l'industrie du gaz supporte des charges que celle de l'électricité ne supporte pas.

M. Badois confirme ce que vient de dire M. Ellissen, en citant l'exemple de la Compagnie de l'Ouest, à Paris, qui, en sa qualité de fort consommateur, a pu traiter le prix du gaz à 0,15 *fr* au lieu de 0, 30 *fr*, et, par suite, a donné la préférence au gaz pour l'éclairage de ses nouvelles installations et des agrandissements des gares de Paris et des Batignolles.

M. Casalonga ajoute que l'on a presque toujours établi la comparaison de l'électricité avec des becs de gaz consommant environ 140 litres par carcel; il a eu l'honneur de présenter à la Société un bec qui réalise 50 0/0 d'économie sur cette consommation. M. Ellissen nous a dit que l'on peut même l'abaisser jusqu'à 50 litres par carcel dans les appareils les plus perfectionnés. M. Casalonga croit que si l'industrie du gaz, qui a été poussée dans la voie du progrès depuis qu'elle est menacée par l'électricité, réalisait tous les perfectionnements dont elle est actuellement susceptible, cette industrie ferait ressortir bien des avantages qui sont aujourd'hui méconnus.

M. Lencauchez insiste sur le mauvais emploi du gaz que l'on fait chez nous; en Amérique, où ce mode d'éclairage coûte cher, on l'utilise mieux; notamment, on le fait servir à la ventilation; il en est de même en Angleterre où son prix est relativement très bas; tous les becs sont munis d'une sorte d'entonnoir surmonté d'une cheminée qui évacue les produits de la combustion par des canalisations noyées dans les plafonds et aboutissant à une cheminée centrale d'appartement. C'est un perfectionnement qu'il serait facile d'établir chez nous, surtout si l'on employait les becs à récupération qui rendent cette cheminée obligatoire. On écarterait ainsi un grand nombre des objections qui sont faites à l'emploi du gaz.

M. Derennes pense que dans la comparaison du gaz avec l'électricité, celle-ci ne peut que gagner, contrairement à ce qui a été dit, quand il s'agit de petits éclairages disséminés sur une grande étendue, la pose de conducteurs électriques étant moins coûteuse que celle des tuyaux de conduite.

M. Cornuault est d'un avis tout contraire; il affirme que les conducteurs électriques, particulièrement ceux établis souterrainement, qui sont

le plus souvent obligatoires et qui doivent être très bien isolés sous peine d'inconvénients graves, reviennent beaucoup plus cher que les canalisations du gaz.

M. E. Cornuault demande à revenir sur un renseignement donné par M. Gaget, relativement à l'éclairage des magasins du Bon Marché; on y dépensait 24 000 francs de gaz par mois, et l'on espère que le coût de la lumière électrique après son installation définitive ne dépassera pas 40 000 *fr*. C'est déjà une augmentation de 67 0/0. M. Cornuault demande si l'amortissement du matériel et l'intérêt du capital engagé sont comptés dans cette dépense.

M. E. Gaget répond affirmativement; l'amortissement est calculé sur une période de 10 à 12 ans.

M. Cornuault trouve cette période beaucoup trop longue pour un matériel électrique, qui s'use très vite en raison des grandes vitesses de rotation habituelles aux dynamos, et, en outre, qui est susceptible d'être avantageusement remplacé par suite des progrès accomplis dans l'industrie électrique avant d'être hors de service. M. Cornuault admet bien que tout le matériel de production de force : chaudières, machines motrices, etc., soit amorti suivant les règles ordinaires adoptées dans l'industrie; mais, suivant lui, le matériel électrique proprement dit doit être amorti dans une période beaucoup plus courte, 5 ans, peut-être même serait-il plus conforme à la réalité des faits d'adopter 3 ans, car il n'y a guère de personnes ayant l'expérience d'appareils électriques ayant fonctionné 5 années sans interruption.

Plusieurs membres trouvent cette dernière conclusion exagérée.

M. E. Gaget fait remarquer que l'introduction de la lumière électrique dans l'établissement du Bon Marché a amené des avantages de diverses natures, qui ne peuvent se chiffrer : l'éclairage est infiniment plus brillant et plus satisfaisant. Certaines ventes qui cessaient à la tombée de la nuit, peuvent être aujourd'hui prolongées comme en plein jour.

M. E. Simon avait précisément demandé la parole pour rappeler que la lumière électrique n'altère pas les couleurs. Cet avantage motive l'adoption de l'éclairage électrique, indépendamment de toute autre considération, dans certains établissements de filature et de tissage où le gaz pourrait occasionner des mécomptes résultant de la confusion des couleurs.

M. A. Ellissen, rentrant dans la discussion relative aux mesures de sécurité, dit que c'est surtout dans le cas de l'emploi de l'électricité qu'il faut appuyer la mesure proposée par M. Gaget, c'est-à-dire la substitution des pompiers civils aux pompiers militaires; il conviendrait même que l'organisation comportât des gens spéciaux connaissant parfaitement les canalisations électriques, qui sont d'ailleurs susceptibles de donner lieu à des incendies, le personnel ordinaire étant incapable de découvrir la cause du mal dans ces conditions.

M. le Président donne la parole à M. Regnard pour une communi-

cation sur *les extincteurs*, destinés à éteindre les commencements d'incendie.

M. P. Regnard rappelle en quelques mots l'historique des extincteurs et les défauts qui les ont jusqu'ici empêchés d'entrer sérieusement dans la pratique. Aujourd'hui, il existe quelques systèmes satisfaisants; M. Regnard donne la description de l'un d'eux, connu sous le nom d'*Extincteur Parisien*.

Cet appareil est fondé, en principe, sur le développement rapide d'une pression intense par la réaction de l'acide tartrique sur le bicarbonate de soude. A l'état ordinaire, ces deux produits sont renfermés dans des vases qui se trouvent séparés par la présence d'obturateurs. La simple manœuvre d'une vis permet de les mettre instantanément en communication; l'acide tartrique agit alors sur le bicarbonate de soude dissous dans de l'eau, et la pression s'élève rapidement à 4 ou 5 atmosphères, suffisante pour projeter à 14 mètres, au moyen d'une lance, un jet de liquide saturé de tartrate de soude et d'acide carbonique. La contenance est de 25 litres, qui, par suite de leurs propriétés extinctives, équivalent à environ 180 litres d'eau ordinaire. M. Regnard croit que ces appareils, qui sont portatifs et peuvent être très rapidement mis en action, sont appelés à rendre de grands services; ils permettraient, dans bien des cas, d'éteindre des incendies qui sont insignifiants dans leurs débuts, et ne prennent des proportions considérables que parce que les secours n'ont pu arriver à temps pour en arrêter les premiers progrès.

M. le Président croit qu'il convient de considérer la discussion comme close, sauf à la reprendre ultérieurement si d'autres éléments étaient apportés sur le sujet à l'étude.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 16 Décembre 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 décembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — M. Hallopeau, trésorier, a la parole pour donner, conformément à l'article 17 des statuts, communication de la situation financière de la Société (1).

SITUATION FINANCIÈRE AU 16 DÉCEMBRE 1887

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des sociétaires était au 1er décembre 1887 de.	2 119
Du 18 décembre 1886 au 1er décembre 1887, la Société a admis de nouveaux membres au nombre de	77
Ce qui donne un total de.	2 196
A déduire, par suite de décès et de démissions pendant l'année 1887.	33
Le nombre total des sociétaires au 17 décembre 1887 était ainsi de.	2 163

Eu égard à diverses circonstances, le nombre des radiations pour retard dans le paiement des cotisations ne sera arrêté qu'à la fin du mois de décembre courant.

Situation de Caisse.

I. — Le **Solde en Caisse** au 17 décembre 1887 était de. 20 011,43

RECETTES

Les recettes effectuées pendant l'exercice 1887 se sont élevées :

1° Pour le fonds de roulement :

Cotisations.	58 400,14	
Droits d'admission.	1 775 »	
Intérêts des obligations	5 547,94	
Ventes de Bulletins.	1 478,25	
Annonces.	3 536 »	
Location de salles.	5 395 »	
	76 132,33	
A reporter. . . .	76 132,33	20 011,43

(1) Voir à la fin du volume, page 604, l'état comparatif des exercices de 1880 à 1887.

Report. . . .		76 132,33	20 011,43
2°. — Pour le fonds inaliénable :			
Exonération de 10 Membres de la Société (MM. Ellissen, Villard, Marié, Odent, Frager, Boudenoot, Dodement, Polonceau, Renault, Cornuault) . .	6 000 »		
Dons volontaires	424 »		
Remboursement d'une obligation du Midi (impôt déduit). . . .	494 »		
		6 918 »	
Les sommes reçues pendant l'exercice 1887 forment un total de.			83 050,33
et le montant total des sommes disponibles pendant l'exercice 1887 ressort ainsi à			103 061,76

DÉPENSES

1° Dépenses courantes :		
Impressions.	40 741,80	
Affranchissements et divers.	7 198,50	
Appointements du personnel	17 065 »	
Assurances.	143,25	
Contributions et droits de mainmorte. . .	2 237,59	
Entretien de l'immeuble, eau, éclairage. .	3 527,45	
Frais de bureau.	1 546,67	
Prix annuel décerné en 1886 à M. Le Brun.	300 »	
Avances à M^me^ veuve Husquin de Rhéville .	250 »	
		73 010,26
2° Achat de 23 obligations nominatives du Midi pour le fonds inaliénable.		9 066,45
3° Amortissement de deux obligations de la Société sur le fonds inaliénable		1 000 »
4° Secours attribué sur les intérêts du legs Giffard . .		150 »
Le montant total des sommes employées est de . . .		83 226,71

II. — Résumé.

Solde en caisse au 17 décembre 1886. . .	20 011,43	
Recettes effectuées en 1887	83 050,33	
		103 061,76
Dépenses soldées pendant l'exercice		83 226,71
Reste en caisse au 16 décembre 1887.		19 835,05

Le solde en espèces se répartit comme suit :

1° Le fonds inaliénable	2 079,22
2° Le fonds courant	11 854,69
3° Pour les intérêts du legs Nozo.	829,32
4° Pour les intérêts du legs Giffard.	5 071,82
TOTAL ÉGAL	19 835,05

Le montant des intérêts du legs Giffard, soit une somme de 5 071,82 *fr* (dont un prix d'une valeur de 3 315,80 *fr* pourra être décerné en juin 1888), doit être conservé en espèces.

De même pour les 829,32 *fr* provenant du legs Nozo, la période triennale fixée pour la délivrance du prix expire en juin 1888.

Enfin, sur la somme de 2 079,22 *fr* appartenant au fonds inaliénable, il y a lieu de conserver également, en espèces, une somme de 1 000 *fr* représentant la valeur de deux obligations amorties de la Société et dont le remboursement est exigible depuis le 31 décembre 1885.

Le complément de cette somme, soit 1 079,22 *fr*, sera consolidé en un titre nominatif inaliénable, selon décision du Comité en date de ce jour.

III. — Avoir de la Société.

Il résulte de la situation établie, à ce jour, que le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués à la date du 16 décembre 1887, de la manière suivante :

Fonds courant :

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse disponible en espèces	11 854,69	
2° Intérêts du legs Nozo.	829,32	
3° Intérêts du legs Giffard.	5 071,82	
4° 184 obligations du Midi, ayant coûté. . .	62 851,04	
		80 606,87

Fonds inaliénable :

La Société possède en outre comme fonds inaliénable :

1° En espèces.	2 079,22	
2° 47 obligations du Midi, ayant coûté . . .	18 222,45	
3° 19 — du legs Nozo.	6 000 »	
4° 131 — du legs Giffard.	50 372,05	
		76 673,72
A reporter.		157 280,59

Report.		157 280,59
Et, d'autre part :		
L'hôtel dont le prix ressort à	278 706,90	
sur lequel il reste à payer la valeur des deux dernières obligations amorties. . . .	1 000 »	
		277 706,90
Le montant total de l'**Avoir de la Société** au au 16 décembre 1887, s'élève ainsi à		434 987,49

Observations générales.

Vous constaterez avec satisfaction, Messieurs et chers Collègues, la nouvelle augmentation de l'Avoir de notre Société.

Cette augmentation provient surtout du versement des exonérations et dons, auxquels il faut ajouter, cette année, le bénéfice réalisé par suite du remboursement de l'une des obligations du chemin de fer du Midi.

Les formalités judiciaires relatives à la délivrance du legs de M^me^ Fusco-Geyler se poursuivent de concert avec notre colégataire l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures ; elles suivent leur cours régulier, mais ce n'est pas avant un certain temps que l'entrée en possession pourra être régularisée.

Vous savez, d'ailleurs, que la valeur de ce legs est représentée surtout par un lot important de la Société française des Mines du Laurium, Société dont le crédit est solidement établi.

L'un des fondateurs et administrateurs, Alfred Huet, l'homme probe et honnête par excellence, vient d'être dignement remplacé dans le Conseil d'administration de cette Société par notre collègue, M. Dorion, ancien directeur au Laurium, répétiteur du cours d'exploitation des Mines à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures. Ce choix est une sérieuse garantie.

Il nous est permis de dire que le retard apporté dans la délivrance du legs ne peut porter aucun préjudice aux intérêts de la Société des Ingénieurs Civils.

Je ne terminerai pas sans rendre hommage devant vous au dévouement dont notre honorable collègue, M. Edouard Simon, a fait preuve vis-à-vis de notre Société, en remplissant avec beaucoup de zèle et d'activité, pendant un long intérim, les fonctions de trésorier ; il a veillé de très près et d'une manière assidue, dans des circonstances toutes exceptionnelles, à assurer la marche régulière de l'un des services importants du secrétariat.

Permettez-moi de remercier bien cordialement en votre nom M. E. Simon, qui nous a ainsi donné une précieuse marque de ses sentiments de confraternité. *(Applaudissements.)*

Personne ne demandant la parole sur cet exposé, M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT. — Je serai certainement l'interprète de la Société en exprimant à notre trésorier le plaisir que nous éprouvons à le revoir en bonne santé. Nous le remercions sincèrement de son dévouement pour les intérêts de la Société et nous remercions aussi M. E. Simon qui a bien voulu remplacer M. Hallopeau pendant sa maladie.

Nous avons maintenant, Messieurs, à vous soumettre une proposition relative à la situation de Mme veuve Husquin de Rhéville.

Peu de jours après le décès de notre dévoué secrétaire-archiviste, survenu, comme vous le savez, le 12 octobre 1887, le Bureau et le Comité se sont successivement réunis pour étudier les diverses questions que faisait naître cette mort si regrettable. L'ordre du jour du 21 octobre portait entre autres sujets à traiter : « Liquidation de la situation de Mme Husquin de Rhéville et allocation à lui accorder. »

Plusieurs membres ont rappelé le grand nombre d'années de travail actif et soutenu, ainsi que le dévouement absolu de notre secrétaire ; ils ont rapproché l'importance des services rendus à la Société de la modicité des appointements attribués, même pendant les dernières années. D'autres ont déclaré que Mme Husquin de Rhéville ne possédait presque aucune fortune et que les économies faites sur les appointements de son mari ne constituaient qu'un bien modeste pécule. Aussi le Comité a-t-il senti unanimement que c'était un devoir pour notre Société de soutenir pendant le reste de sa vie la digne compagne de notre regretté secrétaire. La meilleure façon de le faire nous a paru à tous l'allocation d'une rente viagère et personnelle.

Le Comité a mûrement examiné la question : il a tenu compte des ressources de la Société et, aussi, du scrupule que pouvait faire naître l'établissement d'un précédent. La situation financière de la Société lui permet heureusement de faire face à l'obligation morale devant laquelle elle se trouve placée, et le précédent n'a pas paru dangereux en raison des services vraiment exceptionnels de près de quarante années que nous avons à reconnaître.

C'est ainsi que le Comité vous propose à l'unanimité l'allocation d'une rente viagère de trois mille francs à Mme veuve Husquin de Rhéville, pendant la durée de son existence et sans aucune réversibilité.

L'article 116, chapitre VI, du règlement intérieur de la Société porte : « Les dépenses extraordinaires ne peuvent avoir lieu que par décision » de la Société. »

En raison de cet article, le Comité vous propose d'accorder une pension de 3 000 *fr* par an, payable à raison de 250 *fr* par mois, à Mme veuve Husquin de Rhéville pendant la durée de son existence, sans aucune réversibilité. La pension courra à partir du 1er novembre dernier.

Plein de confiance dans votre détermination, mais tout en la réservant, le Comité, après avoir ordonné, bien entendu, le paiement intégral du mois d'appointements d'octobre, a décidé qu'une somme de **250** *fr* serait remise à M^me^ Husquin pour le mois de novembre.

Personne ne demandant la parole sur la communication qui vient d'être faite, M. le Président en met aux voix l'approbation.

La proposition du Comité est approuvée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT constate avec plaisir l'unanimité avec laquelle la Société a adopté la proposition du Comité. C'est un témoignage de sympathie pour M^me^ Husquin de Rhéville que nous voudrions non seulement aider, mais aussi pouvoir consoler. *(Applaudissements.)*

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1887.

Les élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU

Président : M. F. REYMOND.

Vice-Présidents :

MM. V. Contamin.
G. Eiffel.
S. Périssé.
E. Polonceau.

Secrétaires :

MM. E. Bertrand de Fontviolant.
H. Vallot.
J. Durupt.
J. Clerc.

Trésorier : M. A. HALLOPEAU.

COMITÉ

MM. A. Mallet.
P. Buquet.
L. Vigreux.
J. Carimantrand.
C. Herscher.
L. Rey.
J. Morandière.
J. Charton.
L. Berthon.
L Appert.
L. Boudenoot.
P. Regnard.
P. Jousselin.
A. Moreau.
A. Hauet.
C. Cotard.
E. Simon.
E. Badois,
M. de Nansouty.
E. Mayer.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE AUX ÉTATS-UNIS

EN MARS 1887

PAR

M. E. MARTIN

Les procédés industriels pour produire la lumière électrique ont été importés aux Etats-Unis en 1876 par notre collègue, M. Hippolyte Fontaine, qui exposa à Philadelphie la série complète des appareils de la Société Gramme, dont il était et dont il est encore administrateur. Son exposition fut très remarquée ; les Américains comprirent immédiatement tout le parti qu'on pouvait tirer chez eux de l'industrie nouvelle qui leur était révélée ; et ils se mirent résolument à l'œuvre pour l'approprier à leurs besoins et l'exploiter sérieusement.

Les premières manifestations de leurs efforts apparurent en 1879 ou 1880. Depuis, les publications spéciales nous ont tenus au courant des progrès accomplis ; mais elles nous ont signalé un développement tellement rapide que nous n'avons pas toujours pu nous défendre d'un sentiment de défiance, nous portant à mettre en cause l'imagination des journalistes américains. Un mois passé dans ce pays extraordinaire a fait disparaître tous les doutes de notre esprit ; nous en sommes revenu avec la conviction que l'éclairage électrique y constitue bien une industrie importante, ne ressemblant en rien aux essais timides que nous voyons autour de nous.

Cette situation tient à plusieurs causes. En première ligne il faut, selon nous, mettre cette circonstance particulière qu'en Amérique le combustible est bon marché et le gaz cher. Le bois et l'anthracite abondent, mais la houille à gaz est rare. L'économie a donc été vraisemblablement le mobile principal de l'évolution qui s'accomplit en ce moment, et le tempérament du peuple américain est intervenu pour donner à l'application nouvelle l'impulsion puissante qui nous étonne. Dans ce pays où l'unique préoccupation de cha-

cun est d'arriver rapidement à la fortune, les innovations se font sans tâtonnement; l'hésitation prudente qui caractérise chez nous une administration sage, est tout à fait inconnue; et il faut bien reconnaître que, grâce à un esprit pratique très développé et à une très grande intelligence commerciale, cette hardiesse est souvent couronnée de succès.

Pendant que nous nous donnions beaucoup de peine pour installer nos appareils chez des particuliers inexpérimentés qui, dans bien des cas, les dépréciaient en les employant mal, les Américains, favorisés d'ailleurs par une administration libérale, bienveillante pour les idées nouvelles et les mettant à l'abri de toute concurrence privilégiée, suivaient une voie toute différente. Comprenant que pour avoir des débouchés en rapport avec leurs aspirations, il fallait vendre de la lumière toute faite et ne pas imposer à chaque consommateur l'obligation d'avoir une usine chez lui, ils admettaient *à priori* le principe des usines centrales, organisaient leur industrie à peu près sur les mêmes bases que l'industrie du gaz et engageaient résolument la lutte avec elle.

Ce mouvement commença vers 1881 ou 1882. Aujourd'hui il y a des usines importantes dans toutes les villes. Nous en avons visité un grand nombre et nous en décrirons quelques-unes dans la suite de cette note; quant à présent nous dirons seulement, pour fixer un peu les idées, qu'à New-York, dans la ville de 1 200 000 habitants comprise entre l'Hudson et la rivière de l'Est, il y a six stations principales, possédant ensemble une force motrice de 6 000 chevaux et alimentant 3 000 régulateurs et 20 000 lampes à incandescence; un quart environ des régulateurs est employé pour l'éclairage des principales rues; le reste et toutes les lampes à incandescence desservent des établissements particuliers, bureaux, magasins, hôtels, cafés, etc. Il y a en outre beaucoup d'installations spéciales dans les grandes administrations, qui sont nombreuses à New-York, et de nouveaux foyers sont mis en fonction tous les jours.

La construction du matériel et l'exploitation des usines centrales forment en Amérique deux industries distinctes. La seconde se fonde presque toujours sous les auspices de la première, mais avec des intérêts séparés et un personnel indépendant.

Il existe pour la construction beaucoup d'établissements, parmi lesquels on peut citer quatre Sociétés principales, qui ont été les

promotrices du mouvement et qui ont acquis, depuis, une notoriété bien justifiée par leur importance actuelle. Ces quatre Sociétés sont :

La Compagnie Brush, de Cleveland ;

La Compagnie Weston-Maxim, de New-York ;

La Compagnie Edison, de New-York ;

La Compagnie Thomson-Houston, de Boston.

Compagnie Brush. — La Compagnie Brush possède à Cleveland de vastes ateliers où sont occupés environ 500 ouvriers. Elle construit de toutes pièces des dynamos de toutes grandeurs, des lampes à arc, des appareils de régularisation et de mesure. Elle fabrique aussi des charbons pour lampes à arc.

Pour la production de la lumière, les dynamos Brush le plus généralement employées peuvent alimenter 60 à 65 régulateurs de 50 volts montés en tension sur un seul circuit. Il en a été construit, paraît-il, quelques-unes de 100 régulateurs, mais nous n'en avons vu nulle part, et nous avons quelques raisons de croire que l'énorme tension du courant fourni par ces machines n'a pas été sans inconvénient. Pour les installations de peu d'importance, il existe une série graduée de types plus faibles.

Les régulateurs Brush, à un ou deux charbons, sont de trois grandeurs : 5 ampères, 9 ampères 1/2 et 20 ampères, avec 45 à 50 volts dans tous les cas. Ils se montent en série sans rhéostat. Ceux de 9 ampères 1/2 sont de beaucoup les plus courants.

La production de crayons pour lampes à arc est, à l'usine de Cleveland, de 1 500 000 pieds, soit 455 000 mètres par mois. Le moulage se fait à plat dans des matrices en deux pièces légèrement chauffées. La compression est produite par une presse hydraulique, à raison de 300 tonnes pour une surface de 1 pied carré, soit 325 *kg* par centimètre carré. La cuisson au four dure 5 jours, et le refroidissement 24 heures. La matière première est du coke de pétrole, mais nous n'avons pas pu savoir par quelle substance il était aggloméré.

Les crayons légèrement cuivrés se vendent, pour 7/16 de pouce de diamètre, 20 dollars les 1 000 pieds ; pour 1/2 pouce, 24 dollars, soit, en mesures et monnaie françaises, 33 centimes le mètre pour 11 *mm* de diamètre, et 39 1/2 *c*, pour 12,7 *mm*.

La Société Brush fait très peu d'incandescence ; elle n'est pas

organisée pour cela. On ne fabrique dans son usine ni lampes, ni dynamos spéciales pour leur usage. Quand ce mode d'éclairage lui est imposé, elle emploie des lampes Swan qu'elle alimente, par séries de 7 ou 8, avec des machines de tension, ou des lampes Bernstein, qui peuvent se placer sur les circuits de lampes à arc. Ces lampes Bernstein sont de 75 bougies; elles prennent 9 ampères 1/2 et 20 volts. Des montures à dérivation munies d'un rhéostat convenable permettent, malgré le montage en série, d'éteindre autant de lampes qu'on le veut sans gêner la marche des autres; cette disposition fonctionne automatiquement quand une ou plusieurs lampes s'éteignent par suite d'usure ou d'accident; mais son action ayant simplement pour effet de remplacer les lampes qui ne marchent pas par des résistances équivalentes, elle ne proportionne pas la dépense de force motrice au travail utile.

Jusqu'à la fin de l'année 1886, il a été installé, en chiffre rond, 35 000 régulateurs Brush, dont 20 000 dans 150 stations centrales. D'après des renseignements émanant de la Société Brush elle-même, les bénéfices réalisés par ces divers établissements auraient varié de 6 à 12 0/0 du capital, avec une moyenne de 8 0/0 environ. Il y a lieu d'excepter de cet ensemble l'installation récente de la ville de Détroit qui, par suite de dispositions particulières dont nous allons parler, a réalisé, pendant cette même année 1886, un bénéfice égal à 25 0/0 du capital engagé.

La ville de Détroit a 160 à 200 000 habitants. En dehors du quartier central où sont groupés les bâtiments publics et les établissements de quelque importance, elle est formée de maisons en bois, à un étage au plus, rangées de distance en distance sur des voies droites et très larges. La superficie est énorme; elle est de 21 milles carrés, soit à peu près 5 500 hectares.

L'éclairage public est exclusivement électrique. Il est fait en général par des régulateurs de 9 ampères 1/2 groupés sur des pylones en fer, et par des régulateurs isolés de même puissance montés sur des candélabres ordinaires, dans les quartiers où la hauteur des bâtiments gêne la projection de la lumière. La plupart des pylones portent 4 régulateurs; quelques-uns seulement en ont 6. Les premiers ont 150 pieds de hauteur; les seconds 175, soit respectivement 46 et 53 mètres. Il y a en tout 122 pylones portant ensemble 500 régulateurs et 120 régulateurs isolés. Vers les extrémités de la ville, la distance

d'un pylone à l'autre atteint 800 mètres; dans ces conditions, l'éclairage est juste suffisant pour éviter l'obscurité au milieu.

Tous les circuits, en fil de 5,15 *mm* de diamètre (n° 6 de la jauge de Birmingham), sont aériens et portés par des poteaux en bois. Leur longueur totale est de 400 kilomètres (250 milles).

La ville paie à forfait, par an, 114 500 dollars pour 526 foyers; le complément, 94 foyers, est payé à raison de 0,75 dollar par foyer et par nuit, ce qui fait, en totalité par an, pour l'éclairage public 140 232 dollars 1/2 ou 701 162,50 *fr*.

Avant l'installation de l'usine centrale d'électricité, il y avait à Détroit, pour une étendue moins grande, 6 000 becs de gaz; et l'on estime qu'il en aurait fallu 8 000 pour la superficie actuellement éclairée, qui comprend 560 kilomètres de rues. L'éclairage résultant d'un écartement moyen de 70 mètres entre les becs eût été assurément pauvre. A notre avis, l'éclairage existant n'est pas plus brillant et la comparaison des prix de revient peut se faire sans coefficient.

En supposant que la durée moyenne d'éclairage soit, comme à Paris, de 10 heures 1/2 par jour, et que chaque bec de gaz consomme 140 litres à l'heure, ce qu'on peut considérer comme un minimum, on aurait, pour 8 000 becs, une consommation totale de 4 280 000 mètres cubes, qui, rapportée à la dépense actuelle en argent, mettrait le prix du mètre cube de gaz à

$$\frac{701\,162{,}50}{4\,280\,000} = 0{,}164\ fr.$$

Le gaz vaut à Détroit 2 dollars les 1 000 pieds cubes, soit 0,35 *fr* le mètre; avant la concurrence de l'électricité il se vendait 2 dollars 1/2, soit 0,44 *fr*; et, sur ces prix, il n'est pas fait de réduction pour l'éclairage public.

En dehors du service municipal, il y a chez les particuliers l'équivalent de 400 foyers de 9 ampères 1/2, en foyers à arcs de diverses grandeurs ou en lampes Bernstein de 75 bougies.

L'arc de 9 ampères 1/2 se paie, par mois :

Pour 26 jours jusqu'à 8 heures du soir, 9 dollars (45 *fr*) ;

Pour 26 jours jusqu'à 11 heures du soir, 11 dollars (55 *fr*);

Pour 30 jours jusqu'à minuit, 13 dollars (65 *fr*);

Pour 30 jours toute la nuit, 22 1/2 dollars (112,50 *fr*).

Les lampes Bernstein se paient 4 dollars 1/2 (22,50 *fr*) par mois, jusqu'à minuit.

Des remises, qui peuvent atteindre 15 0/0 au maximum, sont faites aux consommateurs importants, pour paiement comptant, avec des contrats de un an au moins.

Le produit de cet éclairage privé, évalué en comptant 400 foyers à 52 francs l'un net par mois, donne pour l'année entière 249 600 *fr*. Le montant total des recettes serait donc, par an, 701 162,50 + 249 600 francs, soit 950 000 francs en chiffre rond.

Examinons maintenant la question des dépenses.

Les 620 foyers de la ville, pour 10 heures 1/2 en moyenne d'éclairage par jour, donnent, par an, 2 376 150 heures foyer. Les 400 foyers particuliers, pour 5 heures par jour, pendant 28 jours par mois, donnent, par an, 672 000 heures foyer.

Soit pour l'ensemble 3 048 150 heures foyer par an.

D'après des résultats d'expérience qui nous ont été communiqués par une maison concurrente de la Société Brush, un régulateur de 9 ampères 1/2 et 50 volts exige une force motrice de 1 cheval 1/10, y compris le travail, relativement faible, perdu dans le circuit. Cette force motrice, produite, à Détroit, par 6 chaudières tubulaires à chauffage extérieur alimentant 3 grandes machines à vapeur à détente sans condensation, peut être obtenue facilement avec 2 *kg* à 2 1/2 *kg* de houille par cheval-heure. Nous compterons 3 *kg* avec la mise en pression des générateurs ; c'est plus que suffisant.

3 048 150 heures foyer exigeront donc 3 352 965 chevaux-heure et consommeront à très peu près 10 000 tonnes de combustible à 12,50 *fr* au maximum (la houille se vend à Détroit de 2 dollars à 2 doll. 15 la tonne). Dépense annuelle de ce chef 125 000 francs.

A Paris, pour des installations du même genre, mais moins importantes, le graissage et le nettoyage sont largement évalués à raison de 2 centimes par cheval-heure. En Amérique, où les huiles minérales sont presque sans valeur, on peut compter 1 centime seulement, soit, par an, 30 500 francs.

Les crayons de régulateur de 11 *mm* de diamètre, à 33 centimes le mètre et pour 0,12 *m* d'usure par heure, déchet compris, représentent, toujours par an, 120 700 francs.

Enfin le personnel de l'usine, qui se compose de 33 personnes, dont le directeur et 2 ingénieurs, reçoit 143 400 francs.

On a donc en résumé :

Combustible . . . . . Fr.	125 000	
Graissage et nettoyage	30 500	
Crayons de régulateur	120 700	
Frais de personnel	143 400	
		419 600
Le capital social étant de 1 500 000 francs, le bénéfice de 25 0/0 qui nous a été signalé s'élève à		375 000
qui, ajoutés aux dépenses ci-dessus, donnent . . . Fr.		794 600

La différence, 155 400 francs, entre cette somme et le montant des recettes doit payer les frais généraux, plus l'entretien et l'amortissement du matériel. Cela nous semble possible et nous concluons de notre étude comparative que nous avons été exactement renseigné.

La station centrale d'éclairage de Détroit, outre le service d'éclairage, fait pendant le jour un service de force motrice aux conditions suivantes :

Fourniture de courant, non compris la location des moteurs.

De 1 à 4 chevaux, 10 dollars (50 *fr*) par cheval et par mois.

De 1/4 à 1/2 cheval, 6 dollars (30 *fr*) par mois.

De 1/8 à 1/4 — 4 — (20 *fr*) —

Les très petites forces pour machines à coudre et pour dentistes se paient 1 doll. 75 par mois (8,75 *fr*).

Les prix de location de moteurs sont :

De 1 à 4 chevaux, 1 1/2 dollar par cheval et par mois (7,50 *fr*).

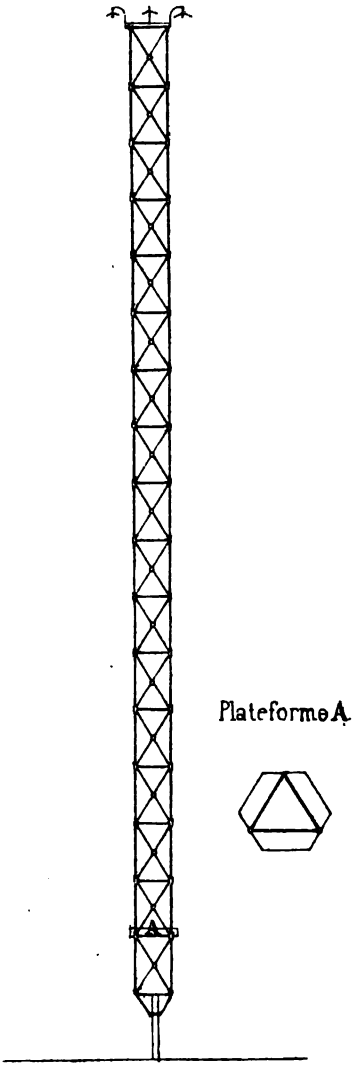
De 1/8 à 1/2 cheval, 2 dollars par mois (10 *fr*).

Petits moteurs, 0 doll. 50 (2,50 *fr*) par mois.

Il y a là une source de recettes dont nous n'avons pas tenu compte; mais nous ne pensons pas qu'elle ait, jusqu'à présent, donné de résultat bien sérieux.

Pour terminer l'étude de la station Brush de Détroit, il nous reste à donner quelques détails sur la construction des pylones en fer: ils en valent la peine. Ce sont des prismes triangulaires d'une légèreté remarquable, portés chacun par une colonne en fer creux d'environ 0,25 *m* de diamètre et 3,50 *m* de hauteur au-dessus du sol. Ils sont maintenus dans la position verticale par deux séries de haubans partant l'une du sommet et l'autre à peu près du milieu de la longueur

du prisme. Le croquis ci-dessous donnera mieux qu'une description quelconque l'idée de leur aspect. Les montants sont formés de tubes en fer assemblés bout à bout par des manchons ; leur diamètre, que nous n'avons pas pu mesurer, nous a semblé compris entre 0,08 *m* et 0,10 *m*.



Echelle 1/400

Le service des régulateurs se fait en haut; les hommes y arrivent par un ascenseur à câble et contrepoids qu'ils manœuvrent eux-mêmes dans l'intérieur du prisme, ou extérieurement à l'aide d'échelons fixés à l'un des montants. L'ascenseur part de la plate-forme hexagonale A que l'on atteint au moyen d'une échelle portative et des échelons inférieurs du montant.

L'ensemble des pylones, construits par la Société Brush elle-même, a coûté 118 000 dollars (590 000 *fr*).

Nous signalerons en passant, pour compléter les renseignements sur la ville de Détroit, une deuxième station centrale montée par la Société Edison pour faire de l'incandescence. Elle peut actuellement alimenter 4 000 lampes de 16 bougies ou leur équivalent; on compte la doubler prochainement.

La Société Brush, avant de faire l'installation que nous venons de décrire, avait déjà essayé à New-York et à Cleveland l'emploi de foyers groupés à une grande hauteur.

A New-York il y a 2 mâts, sur le Union-Square et le Madison-Square portant chacun 6 régulateurs de 9 ampères 1/2; leur hauteur nous a paru être de 60 mètres environ.

A Cleveland il y en a 4 de 75 mètres, avec chacun 8 régulateurs

de 20 ampères. L'effet produit est celui d'un beau clair de lune; il est bien plus satisfaisant qu'à New-York et à Détroit.

Les mâts de New-York sont en bois, ceux de Cleveland sont en tôle. Dans les deux cas les régulateurs sont placés autour d'une couronne de 3 mètres environ de diamètre, qu'on descend pour faire le service jusqu'à une plate-forme portée par le mât à 5 ou 6 mètres du sol. Les mâts en bois sont munis, au niveau de la plate-forme, d'un treuil de manœuvre qui fait assez mauvais effet. Le treuil des mâts en tôle est dissimulé dans l'intérieur.

Quand il est nécessaire d'aller en haut pour graisser les poulies de renvoi ou pour toute autre cause, on hisse les ouvriers sur les couronnes des régulateurs.

Les mâts sont maintenus par des haubans fixés au sommet. Pour ne pas gêner la circulation, ces haubans sont amarrés à des colonnes de 2,50 *m* à 3 *m* de hauteur, en bois à New-York, en fonte à Cleveland.

Weston-Maxim. — Les brevets Weston et Maxim sont exploités par la *United States Electric Lighting Company*, Société au capital de 1500000 dollars (7500000 francs), dont le siège social est à New-York et les ateliers à Newark, ville voisine sur la rive droite de l'Hudson. Ces ateliers sont moins vastes que ceux de la Société Brush, mais ils sont aménagés avec plus de méthode et peuvent occuper le même nombre d'ouvriers.

A l'exception des câbles et des crayons de charbon, on fabrique dans l'usine de Newark tout le matériel nécessaire pour la production de la lumière électrique, dynamos, régulateurs, lampes à incandescence et accessoires divers; on y construit aussi les instruments de mesure courants, ampèremètres, voltmètres, etc.

Les régulateurs Weston sont à un ou deux charbons, mais tous de même puissance. Ils prennent 19 ampères et 30 volts. L'écartement des charbons est seulement de 1/32 de pouce (0,8*mm*). Les constructeurs prétendent qu'avec cette faible longueur d'arc, la lumière est plus fixe; ils considèrent aussi comme un avantage important la possibilité de mettre un plus grand nombre de foyers en tension, sans exagérer la force électro-motrice des machines.

On fabrique à Newark deux sortes de lampes à incandescence, des lampes Maxim avec filament de papier et des lampes Weston avec

filament en celluloïd. Les premières sont jusqu'à présent les plus répandues ; mais les secondes, qui durent, paraît-il, plus longtemps, sont adoptées pour toutes les installations nouvelles.

Les lampes Maxim exigent 70 volts et les lampes Weston 110. Il y a trois modèles courants de chaque type, 16, 30 et 50 bougies. L'intensité normale est obtenue dans tous les cas avec 3 watts 1/2 par bougie. En dehors de ces dimensions usuelles, on fait depuis quelque temps des lampes Maxim de 125 bougies, qui prennent 150 volts et 2 1/2 ampères, soit 3 watts seulement par bougie.

Au début, on n'employait que des hommes pour faire les lampes à incandescence ; aujourd'hui, on tend à leur substituer des femmes pour la plupart des opérations, même le soufflage. La fabrication paraît se faire avec beaucoup de soin. Il nous a été dit, et nous croyons ce renseignement vrai, qu'avec une tolérance de 1 volt seulement, en plus ou en moins, on n'avait pas 5 0/0 de rebut à l'étalonnage.

Au moment de notre passage, l'usine était montée pour faire 2000 lampes par jour ; on se préparait à l'augmenter.

Pour les grandes distances, la Société Weston-Maxim monte les lampes en tension par groupes de 8 lampes Maxim ou 5 lampes Weston, avec des machines spéciales de 600 volts. Dans ce cas, elle emploie, comme la Société Brush, des sockets à dérivation portant deux lampes ou une lampe et une résistance.

Les modèles de sockets sont élégants, simples et bien compris ; ils sont avec ou sans commutateurs et ont un peu l'aspect de ceux d'Edison, quoique la disposition intérieure soit toute différente. Nous avons remarqué, en outre, un assortiment complet d'objets accessoires, commutateurs, coupe-circuits, etc. La fabrication de tout ce petit matériel est, comme celle des lampes, très bien organisée, en vue d'une production économique.

Les dynamos Maxim, avec lesquelles la Société a débuté, ont, depuis longtemps, cédé la place à celles de Weston qui sont basées sur les mêmes principes, mais disposées différemment et plus largement établies ; les unes et les autres sont dérivées de la machine Siemens.

La série des machines Weston construites à Newark est très complète ; elle comprend :

1° Pour régulateurs, des machines de 20 ampères avec 150, 300, 600 et 1500 volts ;

2° Pour lampes Maxim de 125 bougies, des machines de 150 volts, avec 30, 70 et 125 ampères ;

3° Pour lampes Maxim courantes, des machines de 75 volts avec 30, 60, 100, 200 et 250 ampères ;

4° Pour lampes Weston, des machines de 115 volts avec 90, 160 et 350 ampères ;

5° Pour incandescence en séries, une machine de 600 volts et 60 ampères.

Toutes ces machines sont excitées en dérivation. Celles de 75 à 150 volts, pour incandescence, ont une très faible résistance intérieure et sont à force électromotrice constante, sans aucun moyen artificiel de réglage. Pour les autres, on maintient l'intensité dans le circuit en intercalant, dans la dérivation inductrice, un rhéostat généralement manœuvré à la main. Quelques applications ont été faites d'un régulateur automatique, constitué par un voltmètre placé dans le circuit principal et agissant sur le rhéostat du circuit inducteur. Cet appareil est installé dans deux des usines Weston que nous avons visitées à New-York ; mais les ingénieurs nous ont semblé ne lui accorder qu'une confiance très limitée.

Les renseignements suivants nous ont été donnés par les directeurs de la *United States Electric Lighting Company* : En 1886, il a été vendu, en chiffres ronds, 500000 lampes à incandescence et 7500 régulateurs. A la fin de l'année, il y avait en fonction environ 20000 régulateurs Weston et 200000 lampes à incandescence, Weston ou Maxim. Le nombre des stations centrales fondées par cette Compagnie était de soixante-deux seulement ; mais ses appareils étaient appliqués dans un grand nombre d'installations privées.

Nous avons visité plusieurs stations centrales Weston, notamment les trois qui existent à New-York et qui alimentent ensemble environ 1500 régulateurs et 6000 lampes à incandescence. Les étudier en détail serait répéter ce qui a été fait pour Détroit ; nous nous bornerons à dire qu'on est frappé, dans ces usines, du petit nombre d'ouvriers qu'elles occupent par rapport à l'importance du matériel. Ainsi, par exemple, à la station de Stanton Street, qui dessert 1000 régulateurs et à peu près autant de lampes à incandescence, et qui comprend soixante-dix machines électriques de diverses grandeurs, trois grandes machines à vapeur produisant ensemble 1200 chevaux, et dix chaudières, dont huit au moins sont en activité, il y a un mécanicien,

deux chauffeurs, un électricien et deux aides. La journée est divisée en trois postes de huit heures chacun ; les ouvriers qui vont de huit heures du matin à cinq heures du soir ont peu à faire pour le service d'éclairage ; ils sont chargés du nettoyage et de l'entretien du matériel. Il y a en outre deux inspecteurs pour la surveillance des lignes et un ingénieur.

Les trois usines de New-York sont en connexion par plusieurs circuits, qui leur permettent de s'aider en cas de besoin. Les circuits les plus étendus, pour la distribution de la lumière, ont une longueur totale de treize milles (20 *km.*)

Pour l'éclairage public, chaque régulateur se paie 0 *d.* 70 (3,50 *fr*) par nuit ; chez les particuliers, le prix est de 0 *d.* 50 (2,50 *fr*) de la chute du jour à deux heures du matin, et de 0 *d.* 80 (4 francs) pour toute la nuit.

Les lampes à incandescence de seize bougies se paient 2 d. 1/2 à 3 d. (12,50 *fr* à 15 francs) par mois, jusqu'à deux heures du matin.

La dépense d'installation, sauf l'appareillage, est comprise dans les prix ci-dessus.

La Compagnie qui fait l'exploitation des stations centrales d'éclairage montées par les procédés Weston, à New-York, est au capital de 1 000 000 de dollars (5 000 000 de francs) ; elle a gagné, en 1886, 15 0/0 de son capital. Bien que les conditions soient moins favorables qu'à Détroit, ce résultat ne nous surprend pas, parce que le service de ces établissements paraît être fait avec beaucoup d'ordre et d'économie.

Edison. — La Société Edison s'occupe uniquement d'incandescence. Elle a marché assez lentement au début ; mais elle paraît actuellement organisée de manière à regagner rapidement le temps qu'elle a pu perdre. Au 31 décembre 1886, elle avait en activité soixante-quinze usines centrales, avec 208 500 lampes. Elle espérait doubler ce dernier nombre pour la fin de l'année courante.

Elle possède trois usines pour la fabrication de son matériel : une pour les machines électriques et les canalisations ; une pour les lampes et une pour les accessoires de lampes et l'appareillage. La première est à Schenectady, près d'Albany ; elle occupe 570 ouvriers et produit par semaine, quarante dynamos, d'une puissance moyenne de 200 ampères avec 110 volts.

Nous avons visité des stations centrales Edison à New-York, Altona, Détroit, Buffalo, Lockport et Boston. L'installation est à peu près la même partout. Les dynamos sont commandées, sans transmission intermédiaire, par des machines horizontales à grande vitesse d'Armington et Sims ou de Porter Allen ; elles sont réunies deux à deux par des feeders, et ceux-ci sont groupés en quantité sur un même circuit de départ. Les canalisations sont généralement souterraines ; ce sont des barres de cuivre renfermées dans des tubes en fer et noyées dans un mastic isolant.

La fourniture de lumière se fait au compteur, sauf exceptions rares. La consommation est mesurée par des appareils à dépôt de zinc, système Edison ; il y a 2 témoins dans chaque compteur ; on les pèse séparément et c'est le poids moyen qui est admis. La plus grande différence constatée, jusqu'à présent, entre les deux témoins a été de 11 0/0, la moyenne, 5 1/2 0/0, est considérée comme étant la plus grande erreur possible.

Les deux stations Edison de New-York alimentent ensemble 13 000 lampes de 16 bougies. L'une, dans Pearl Street, en fait 11 000 à elle seule ; l'autre, dans Liberty Street, n'en fait encore que 2 000, mais elle est destinée à être notablement augmentée.

La station de Liberty Street n'a pas de chaudière ; elle achète la vapeur à la New-York Steam C° qui a son usine dans le voisinage.

Ici nous ouvrirons une parenthèse pour dire quelques mots de la Steam Company qui exerce à New-York une industrie inconnue à Paris, où elle serait pourtant bien utile si on pouvait l'y implanter. Cette Société produit de la vapeur et la vend au compteur pour toutes espèces d'usages, force motrice, chauffage, etc., dans un rayon de un mille (1 600 mètres) autour de son usine. Celle-ci, pour la facilité de son achalandage, a dû naturellement être établie dans un quartier central où le terrain est rare. On a tourné la difficulté en superposant les chaudières dans un énorme bâtiment à trois étages.

Le rez-de-chaussée est réservé à la manutention des wagons qui amènent la houille ou qui enlèvent les cendres. Chaque étage porte 16 générateurs tubulaires, à chauffage extérieur, de 300 chevaux chacun, soit 48 générateurs de 300 chevaux pour les trois étages existants. Un quatrième étage était en construction quand nous avons visité l'usine.

Le charbon est élevé par de puissants ascenseurs. L'emplacement

qui lui est réservé permet d'en approvisionner 1 000 tonnes. Les cendres et les scories descendent par des conduits en tôle et tombent directement dans les wagons destinés à les recevoir.

La vapeur est produite à l'usine à la pression de 80 livres par pouce carré, soit 5,6 *kg* par *cm*². La condensation dans les conduites est de 2 à 3 0/0, pour un développement total de 13 milles (20 kilomètres).

Cette condensation revient à l'usine où elle est utilisée pour réchauffer l'eau d'alimentation. Les conduites principales ont 16 pouces (0,40 *m*) de diamètre; celles qui ramènent l'eau ont 6 pouces (0,15*m*). Les unes et les autres sont munies d'enveloppes calorifuges en laine de scorie.

La vapeur se vend, suivant l'importance de la consommation, de 0ᵈ,40 à 0ᵈ,75 par mille livres d'eau vaporisée, soit 0,0044 *fr* à 0,0083 *fr* le kilogr.

Le charbon consommé est de l'anthracite de très bonne qualité. On produit 8 *kg* de vapeur par kilogramme de combustible. Un seul chauffeur suffit pour 2 générateurs (600 chevaux), à la condition de n'avoir pas à se déranger pour chercher son charbon.

Les détails qni précèdent nous ont paru assez intéressants pour être signalés au passage, bien qu'il n'aient pas directement rapport à notre sujet. Nous revenons maintenant aux stations centrales Edison.

Le personnel pour les deux usines de Pearl street et Liberty street se compose de 31 hommes et coûte par an . . . 27 000 dollars.

Les autres frais d'exploitation sont, également par an :

Houille, 4117 tonnes à 3ᵈ, 1/2	14 409	—
Eau, à 1 dollar les 1000 pieds cubes.	1 287	—
Vapeur pour la station de Liberty Street, à 0ᵈ,33 les 1000 livres (0,00365 *fr* le kil.).	4 200	—
Huile, à 0ᵈ,17 le gallon pour les mouvements et 0ᵈ,90 pour les cylindres (respectivement 0,20 *fr* et 1 *fr* le litre)	1 900	—
20 728 lampes à 2 *fr* pour 16 bougies et 2,50 *fr* pour 10 bougies.	9 280	—
Entretien des conduites souterraines	9 733	—
Entretien du matériel, impôts, frais divers. . .	11 687	—
Total des dépenses . . .	79 496	dollars.

Soit 400 000 francs à très peu près.

La dépense d'huile est très faible par suite de son bas prix. Par contre, les frais d'entretien des conduites souterraines sont énormes; il est probable qu'on a compris, dans ce chapitre, des travaux de branchements et raccords pour canalisations nouvelles.

Nous n'avons pas pu avoir le montant des recettes de ces deux établissements; mais les renseignements qui suivent nous autorisent à croire qu'ils sont productifs.

La station centrale de Boston, qui marche seulement depuis le 20 février 1886, a donné, depuis cette date jusqu'au 31 décembre de la même année, les résultats ci-après :

	DÉPENSES	RECETTES
	—	—
Du 20 février au 31 mai pour 627 lampes en fonctions au début, et 1805 au 31 mai	4 273f,37	371f,45
En juin, pour 2 318 lampes	1 569,12	1 722,99
En juillet, pour 2 588 lampes.	1 455,29	1 470,49
En août, pour 2 773 lampes	1 471,48	1 609,79
En septembre, pour 3 768 lampes. . .	2 271,91	3 333,37
En octobre, pour 4 430 lampes. . . .	2 611,34	3 847,21
En novembre, pour 4 645 lampes. . .	1 906,27	4 688,60
En décembre, pour 4 847 lampes. . .	2 447,59	4 536,59
Totaux au 31 décembre 1886. .	18 006f,37	21 580f,49

Il ressort des totaux ci-dessus un excédant de recettes de 3 574 dollars, soit à peu près 20 0/0 du montant des dépenses d'exploitation.

La station de Boston avait, au mois de mars, 5 200 lampes. Pendant le jour, elle utilise en partie son matériel pour produire de la force motrice. Nous avons visité plusieurs installations faites avec des moteurs Sprague de 3 à 10 chevaux, et nous n'avons pu qu'admirer les résultats obtenus. Bien que le travail à faire soit presque partout très irrégulier, les variations de vitesse sont imperceptibles. Nous avons vu, par exemple, un moteur qui commande un ascenseur et qui tourne à vide quand celui-ci ne fonctionne pas ; au moment de l'embrayage ou du débrayage, la vitesse est légèrement influencée pendant un instant très court, et l'allure normale reprend aussitôt. Ces petites machines sont pratiques : elles ne font pas de bruit et n'exigent aucun soin. Ainsi réalisée, la transmission de la

force motrice est un complément très avantageux pour les usines centrales d'éclairage électrique.

A Boston, le courant pour moteurs se paie : pour 1 cheval et plus, 125 dollars par cheval et par an, pour 10 heures ; au-dessous d'un cheval, le prix est de 150 dollars par cheval. Pour le service des ascenseurs, les prix sont réduits de 2/5.

Le tableau ci-après indique le prix de revient détaillé de quelques stations centrales Edison.

NUMÉROS DES STATIONS SUIVANT LEUR IMPORTANCE	1	2	3	4	5	6
Capacité de la station :						
Lampes de 10 c. p.	960	1 280	1 600	1 920	2 500	3 200
— de 16 c. p.	600	800	1 000	1 200	1 600	2 000
Nombre de lampes installées 10 c. p.	1 200	1 500	2 000	2 400	3 200	4 000
Capital nécessaire.	175 000	200 000	250 000	285 000	360 000	440 000
Valeur du matériel :	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Canalisation extérieure . . .	21 450 »	26 812,50	33 000 »	39 600 »	52 800 »	66 000 »
— intérieure . . .	14 520 »	18 150 »	25 000 »	29 700 »	30 600 »	49 500 »
Chaudières et pompes. . . .	15 922,50	17 924,50	20 454,50	23 571,90	28 076,50	34 693,50
Machines à vapeur et transmissions	14 036,05	16 691,40	19 881,85	22 175,35	27 515,40	31 289,50
Dynamos	15 928 »	20 757 »	24 743,50	29 249 »	37 675 »	46 442 »
Appareillage.	6 574,90	6 751,45	8 235,65	9 782,80	10 953,75	12 513,55
Compteurs.	6 160,40	7 386,30	8 688,75	9 536,55	12 551 50	13 614,65
Outillage	2 183,70	2 183,95	2 183,70	2 183,70	2 183,70	2 189,60
Pièces de rechange	4 297,90	5 125,45	6 877,40	7 707,90	9 436,90	11 725,45
Projet et études.	3 025 »	4 125 »	5 500 »	6 600 »	8 250 »	9 900 »
Total du matériel.	105 015,45	125 907,55	154 565,35	180 107,20	229 942,75	277 868,25
Terrain	4 000 »	4 000 »	5 000 »	5 000 »	6 000 »	9 000 »
Bâtiments.	10 000 »	10 000 »	12 500 »	12 500 »	12 500 »	15 000 »
30 0/0 à la Société Edison :						
5 0/0 comptant	8 750 »	10 000 »	12 500 »	14 250 »	18 000 »	22 000 »
25 0/0 en actions.	43 750 »	50 000 »	62 500 »	71 250 »	90 000 »	110 000 »
Solde en caisse	3 484,55	92,45	2 934,65	1 892,80	3 557,25	6 131,75
TOTAL ÉGAL AU CAPITAL. .	175 000 »	200 000 »	250 000 »	285 000 »	360 000 »	440 000 »

Thomson-Houston. — Cette Société est un peu plus récente que les précédentes, mais elle s'est développée avec une très grande rapidité. Elle a repris, en octobre 1883, une affaire qui n'avait pas réussi et qui avait, au moment de la cession, 22 installations avec 1 653 régulateurs. Au 1er janvier 1886, le nombre des installations était de 171, avec 21 840 régulateurs et 11 275 lampes à incandescence.

Lss chefs de la Société expliquent son succès par l'économie des procédés qu'elle emploie pour produire la lumière. Ils ont, disent-ils, des crayons de régulateur au prix incroyable de 0,20 *fr* le mètre, et ils attribuent à leurs appareils un rendement supérieur à tous les autres. Il est certain que leurs régulateurs marchent bien,

mais l'examen de leurs machines ne nous a fait découvrir aucun principe particulier pouvant expliquer une augmentation sensible du rendement. Nous croyons plutôt que le développement de la Société Thomson-Houston tient à son genre d'affaires. Elle fait très peu d'installations particulières ; elle consacre toutes ses ressources à la création d'usines centrales, qu'elle met en Société aussitôt après leur achèvement ; et elle paie ses actionnaires et ses fournisseurs, quand elle le peut, avec des titres de ces Sociétés nouvelles. Comme celles-ci sont généralement prospères et que les commanditaires de la Société mère sont tous riches et puissants, les actions se placent facilement.

Les ateliers de construction sont situés à Lynn, près de Boston. Ils ont beaucoup d'analogie avec ceux de la Société Weston et ont sensiblement la même importance. On y fabrique des dynamos, des régulateurs et des lampes à incandescence avec tout leur appareillage accessoire ; mais pas de crayons de régulateurs. Ces derniers objets sont achetés chez des fabricants spéciaux, dont on a évité de nous dire l'adresse, moyennant 12 dollars les 1000 pieds pour 11 *mm* de diamètre, soit 0,20 *fr* le mètre, ainsi que nous l'avons dit précédemment.

On construisait par semaine, au moment de notre passage, 18 dynamos, 400 régulateurs et 2500 lampes à incandescence. La fabrique de lampes, qui n'avait guère qu'un an d'existence, était déjà insuffisante, et on était sur le point de l'augmenter de manière à produire 6000 lampes au lieu de 2500. Le type adopté est une lampe à filament de jonc assez semblable à celle d'Edison, et connue sous le nom de Sawyerman.

Nous avons visité quelques-unes des stations centrales établies par la Société Thomson-Houston, notamment celles de Boston, Hartford et Broklyn ; elles ne présentent rien de particulier, qui mérite d'être signalé après ce que nous avons dit de ce genre d'installation.

Outre les établissements dont nous venons de parler, il en existe beaucoup d'autres de moindre importance, dont l'examen nous entraînerait à des redites peu intéressantes que nous croyons convenable d'éviter. Nous signalerons cependant la Société Westinghouse, fondée depuis peu au capital énorme de 5 000 000 de dollars. Elle a pour objectif l'exploitation d'appareils transformateurs dérivés de ceux de Gaulard et Gibbs, et d'une machine électrique à courants alternatifs dont

l'aspect extérieur est celui de la machine Ganz de Buda-Pesth.

M, Westinghouse, que nous avons vu lui-même à Pittsbourg, n'a pas voulu nous laisser visiter son usine, prétextant qu'elle n'était pas suffisamment organisée. Il nous a fait conduire dans une installation centrale à Birmingham, près Pittsbourg, où nous n'avons pu recueilir que des renseignements vagues. Cette usine, encore incomplète, nous a semblé être plutôt un champ d'expériences qu'une exploitation industrielle.

Les transformateurs se placent en dehors des habitations, sur les poteaux qui portent les fils. Leur rendement, nous a-t-on dit, est à peu près égal au travail reçu : chacun d'eux, prenant 3 ampères et 1000 volts, doit rendre 30 ampères avec 100 volts. Il est bien entendu que nous indiquons ce résultat avec toutes les réserves qu'il comporte.

La société Westinghouse emploie des lampes à incandescence de Stanley, avec lesquelles elle prétend obtenir une bougie avec 3 watts 1/10. Ce sont des lampes à filament de soie, peu répandues encore, mais ayant déjà une assez mauvaise réputation, au point de vue de la durée.

D'après des renseignements qui nous ont été donnés à New-York, sur cette affaire, le capital de 5 000 000 de dollars se composerait de 1 000 000 souscrit et de 4 000 000 d'apports représentés par des brevets.

En résumé, nous n'avons vu en Amérique aucun appareil vraiment nouveau en exploitation sérieuse. Nous ne pensons donc pas qu'il faille attribuer le développement de l'éclairage électrique à l'emploi de procédés perfectionnés inconnus, ou tout au moins inappliqués en Europe. Il est plus vraisemblable d'admettre, ainsi que nous l'avons fait au début, qu'il a eu pour principale raison d'être le prix relativement élevé du gaz, et qu'il a pu se produire rapidement grâce à l'absence d'entraves administratives et grâce aussi à l'esprit, à la fois entreprenant et méthodique des Américains, qui ont apprécié du premier coup l'importance que pouvait prendre cette industrie chez eux, et qui ont étudié leurs installations avec soin, dans l'ensemble et dans tous les détails, tant au point de vue de l'exploitation économique que de la satisfaction à donner aux consommateurs pour obtenir leur clientèle.

Ceux-ci d'ailleurs ne se montrent pas très exigeants pour la qualité de la lumière. Le groupement de nombreux régulateurs en série sur des courants de haute tension, qui est un moyen de transporter l'électricité

au loin sans exagération de dépense, donne, au point de vue du fonctionnement des appareils, des résultats assez médiocres, dont l'éclairage de la Cannebière à Marseille est un exemple. On s'en contente en Amérique parce que c'est économique et que dans ce pays le prix de revient prime tout. On serait certainement plus difficile chez nous.

Quoi qu'il en soit, notre conclusion est que la lumière électrique fait dès maintenant une concurrence sérieuse au gaz, et qu'elle est en bonne voie pour le remplacer, presque partout, dans un délai qui ne semble pas bien éloigné. Nous avons indiqué ce qu'ont produit les quatre principales sociétés; en totalisant, on trouve qu'ensemble elles ont installé environ 77000 régulateurs et 420000 lampes à incandescence. En y ajoutant ce qu'ont fait les sociétés moins importantes, mais nombreuses, qui s'occupent de la question, on peut admettre qu'il y avait en fonction aux Etats-Unis, au mois de mars dernier, à peu près 100000 régulateurs et 550000 lampes à incandescence. Ce résultat a été obtenu en 6 ans.

Bien que les lampes à incandescence soient d'origine américaine, c'est la lumière à arc qui a prévalu au début. On en a mis partout, non seulement dans les rues, mais dans les magasins, les hôtels, les cafés et même dans les bureaux. L'économie a pu être une des causes de cette préférence, mais il se peut aussi qu'il faille l'attribuer à la difficulté de produire l'incandescence à grande distance. Depuis quelque temps on s'occupe activement de cette dernière question; plusieurs moyens ont déjà été mis en pratique avec quelque succès et il paraît certain qu'elle sera bientôt résolue. Les deux systèmes pourront alors être exploités avec la même facilité et chacun d'eux aura sa place tout indiquée.

SECOURS

CONTRE

L'INCENDIE DANS LES THÉATRES

Par M. E. GAGET

Dans la séance du 21 octobre dernier, MM. E. Trélat, L. Edoux et A. Vernes ont entretenu la Société des précautions à prendre pour prévenir les incendies dans les théâtres.

M. Trélat, avec sa haute compétence, a indiqué les réformes qu'il conviendrait d'apporter dans ces établissements pour obtenir une sécurité à peu près parfaite.

M. Edoux a parlé de la construction des rideaux en fer qui doivent isoler la salle de la scène.

Enfin, M. Vernes a traité la question de la substitution de l'éclairage électrique, à l'éclairage par le gaz.

Une fois que toutes les précautions qui ont été indiquées auront été bien prises, croyez-vous que nous serons à tout jamais à l'abri d'affreux sinistres tels que ceux de l'Opéra-Comique ou du Théâtre d'Exeter ? Vous ne le pensez pas, car encore aujourd'hui, au dire même des Sapeurs-Pompiers, tous les cinq jours, à peu près, le feu prend dans un théâtre à Paris. On en devient facilement maître, rien qu'avec l'éponge, le seau d'eau ou la lance ; mais si l'incendie se propage, il faut bien vite avoir recours à des moyens plus puissants, connus dans nos théâtres sous les dénominations de *secours ordinaire* ou service des postes à incendie, et de service de *grand secours*, ce dernier, destiné plus particulièrement à la scène.

Ce sont ces moyens que je vais essayer de vous décrire aujourd'hui.

Jusqu'en 1875, nos théâtres de Paris étaient on ne peut plus mal défendus contre l'incendie, L'unique moyen de secours consistait dans des réservoirs faiblement alimentés par des canalisations installées sans méthode et de petits diamètres. Sur de simples colonnes

montantes, généralement de 40 *mm* de diamètre, étaient greffés des branchements de même dimension desservant un nombre d'*établissements ou postes* variable et sans aucun rapport avec le volume d'eau que pouvaient fournir ces colonnes.

De là, des inégalités, des faiblesses de pression, et même des tarissements partiels de débits, lorsque plusieurs lances étaient mises simultanément en batterie.

Aussi, la défense était-elle promptement paralysée lorsque le feu prenait de l'extension. Certains théâtres n'avaient même pas de service du tout, car on ne pouvait pas appeler service d'incendie, celui du Palais-Royal par exemple, qui consistait en un réservoir d'une contenance de 3 000 litres, placé dans les caves et alimenté par une conduite d'eau d'Ourcq, avec une pression de 10 à 12 *m* environ. Une pompe à bras, placée près de ce réservoir, refoulait l'eau dans une autre cuve placée au-dessus du gril et d'une contenance un peu moindre que le réservoir du bas. Ce réservoir supérieur desservait trois postes d'incendie, dont deux sur la scène ; un, côté cour, un côté jardin, et le troisième au premier cintre côté cour. Il n'y avait aucun poste dans la salle ni dans les loges d'artistes.

Beaucoup d'autres théâtres se trouvaient à peu près dans les mêmes conditions, lorsqu'en 1881, les nouveaux règlements de la Préfecture de police, ont fait supprimer toutes ces installations vicieuses et imparfaites, pour imposer des dispositions plus complètes et plus judicieuses, mais qui, suivant nous, ne remplissent pas encore le but qu'on se propose.

Le but à atteindre lorsqu'un incendie se produit, est d'obtenir promptement un débit puissant et bien équilibré. Pour arriver à ce résultat, on a prescrit des prises d'eau directes sur les conduites de la Ville, avoisinant les théâtres. Ces prises d'eau ont généralement 100 *mm* de diamètre ; elles pénètrent dans les sous-sols des théâtres et forment une couronne basse qui contourne horizontalement les murs de la cage de la scène et de la salle, à la hauteur d'un des dessous. Cette couronne basse est reliée, au moyen de colonnes montantes, à une couronne haute identiquement semblable à la première, et qui se trouve placée au-dessus du gril et de la coupole de la salle. La série des colonnes montantes, ordinairement de 60 *mm* de diamètre, est répartie dans les angles de la cage de la scène et de la salle, et un certain nombre de branchements de 40 *mm* de diamètre se trouve piqué sur

ces colonnes montantes pour former les établissements ou postes de secours. Chaque poste doit être établi dans une armoire fermée par des portes libres et vitrées, et doit comprendre un robinet de prise de 40 *mm* de diamètre avec son raccord et sa clef de manœuvre, une garniture complète, soit 32 *m* de boyaux en cuir cloué de 40 *mm*, en deux demi-garnitures se réunissant par des raccords, 1 lance en cuivre avec robinet et jet, 1 hache à pic et tranchant, 20 *m* de cordage de sauvetage avec bobine à bilboquet, 25 seaux en toile renforcée avec anse montée sur rotin, 2 sacs de toile pour contenir les seaux, 1 clef tricoise pour montage des raccords, 1 seau en zinc fort monté sur cercle en fer et 1 éponge forte.

Au sommet de la cage de scène, est généralement placé un réservoir d'une contenance de 6 à 12 m^3, suivant l'emplacement dont on peut disposer. Ce réservoir est destiné à suppléer la conduite branchée directement sur celle de la Ville, en cas de manque d'eau. Un robinet de barrage placé sur l'arrivée, commande tout le système. Des robinets de barrage placés sur les colonnes hautes et basses permettent d'isoler le côté cour du côté jardin, et des robinets de barrage et de vidange, placés au sommet et à la base de chaque colonne montante, permettent de faire les réparations.

Très souvent, un branchement spécial de 100 *mm* de diamètre, met la couronne basse en communication avec la conduite de grand secours, qui doit être branchée sur une conduite de la Ville, indépendante de celle qui alimente le secours ordinaire. On peut ainsi, au moyen de la manœuvre d'un robinet, suppléer à la première prise comme on le fait aussi par le réservoir supérieur, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

L'alimentation des branchements et des postes est ainsi bien assurée, puisqu'elle peut se faire de bas en haut ou inversement.

Ce service est complété par des contrôleurs de rondes du système Collin, semblables à ceux que nous voyons dans toutes les usines, et par des avertisseurs électriques correspondant à un tableau ou cadran indicateur, à sonnerie continue et avec guichets pour chaque point d'appel, situé dans le poste des sapeurs-pompiers. Le bouton d'appel est renfermé dans un cadre à verre dormant, de telle façon qu'en cas d'alerte, le pompier de ronde, brisant le verre du bouton le plus rapproché, peut avertir le poste que tel ou tel point du théâtre se trouve menacé. Chaque avertisseur est accompagné d'une sonne-

rie de réponse du poste, permettant de signaler à l'homme de ronde que son appel a été entendu.

Le grand secours ne sert que pour combattre les feux de scène. Il n'a pas de raison d'être dans la salle où les incendies ne s'allument pour ainsi dire jamais. Du reste, il n'a d'action que si la chute de l'eau est libre ou du moins n'est contrariée que par des claires-voies comme celle des grils et des ponts.

Le grand secours n'a jamais été jusqu'à présent expérimenté dans un incendie sérieux. L'Opéra-Comique n'en possédait pas, mais les essais qui ont été faits sur les scènes des Variétés, du Vaudeville et sur des incendies factices à l'Etat-Major des pompiers, ont donné des résultats tout à fait satisfaisants. Ce secours consiste en une pluie diluvienne qui tombe uniformément du sommet de la scène et mouille instantanément tout ce que contient la cage de la scène. Il se compose d'une conduite unique, en cuivre, généralement de 100 *mm* ou 150 *mm* de diamètre, branchée directement sur la conduite de la Ville, et qui se prolonge jusqu'aux combles de la scène. Elle se termine par une immense sphère aplatie, en cuivre, qui sert de nourrice, et de laquelle partent un certain nombre de branchements en cuivre de 40 *mm* de diamètre pour aboutir à une série plus ou moins nombreuse de boules en cuivre de 180 *mm* de diamètre, suivant l'importance et la surface de la scène. Ces boules sont percées de trous de 3 *mm* de diamètre et forment pommes d'arrosoir.

Au pied de la conduite, généralement sur la scène, dans un endroit accessible en cas de sinistre, se trouve le robinet de manœuvre à quart de tour. Il est enfermé dans une cage vitrée, facile à briser pour la manœuvre en cas d'alerte. La conduite est en pleine pression depuis la rue jusqu'à ce robinet, et elle est seulement remplie jusqu'au sommet de la nourrice au niveau du départ des branchements, afin de permettre à l'eau de couler immédiatement, aussitôt que le robinet du bas est ouvert. On peut ainsi, à un moment donné, et instantanément inonder complètement la scène à raison de 9 m^3 d'eau par minute, et arrêter les progrès du feu. Pour tenir le niveau constant dans la boule supérieure, sans que l'eau puisse pénétrer dans les déversoirs, on a établi un tuyau compensateur de 10 *mm* qui relie la partie de la conduite d'arrivée, avec celle du service ordinaire qui est toujours en charge; le robinet de barrage dont est muni ce tuyau compensateur et qui introduit l'eau dans la prise de grand-

secours, est disposé de façon à commander le robinet de barrage placé sur la conduite de trop-plein, de sorte que ces deux robinets ne puissent jamais être ouverts l'un sans l'autre. On peut donc, en ouvrant les robinets d'introduction et d'évacuation rendus solidaires, maintenir constamment l'eau dans la boule de distribution jusqu'au niveau du trop-plein, c'est-à-dire à quelques centimètres au-dessous de l'orifice des branchements, sans avoir à craindre, à ce moment, une inondation par les déversoirs. De chaque côté du robinet compensateur, un petit tuyau filiforme est piqué par chacune de ses extrémités sur la conduite du trop-plein, de façon à assurer l'écoulement de l'eau dans le cas de fuite du robinet d'alimentation.

En dehors des services intérieurs que nous venons de décrire, chaque théâtre doit avoir dans la rue plusieurs bouches d'eau de 100 *mm* pouvant desservir les pompes d'incendie à vapeur, et d'autres bouches de 40 *mm* destinées à l'alimentation des pompes ordinaires.

Tous ces services donnent-ils les résultats qu'on est en droit d'en attendre ? Hélas ! nous avons le regret de le dire, malgré toutes les précautions exigées par la commission des théâtres, il sera toujours difficile d'éteindre à temps certains incendies.

D'un autre côté, ainsi que le déclarait il y a quelques jours le colonel des sapeurs-pompiers de Paris, les prescriptions de police continuent toujours à être méconnues. Enfin, les mesures prises depuis l'incendie de l'Opéra-Comique laissent encore beaucoup à désirer. Nous allons voir sur quels points.

Etant donné que l'attaque d'un feu de scène est un véritable combat, la valeur comparative du service de grand secours et du service ordinaire s'établira facilement en énumérant pour chaque système les défauts dus à l'arme dont on se sert et les défauts provenant de l'homme appelé à s'en servir.

Pour le service ordinaire, *les défauts dus à l'arme* peuvent se résumer comme suit :

1° *Prise d'eau insuffisante sur conduites d'un trop faible diamètre placées dans les rues autour de nos théâtres.* En effet, il résulte des visites que nous avons faites dans un certain nombre de nos théâtres de Paris, que les couronnes horizontales qui commandent le service ordinaire ont généralement 100 *mm* de diamètre et sont branchées sur des conduites de la Ville ayant souvent le même diamètre, ce qui est

tout à fait insuffisant. Nous avons même vu, dans un théâtre du Boulevard, le grand secours et le secours ordinaire composés chacun d'une conduite de 100 *mm* de diamètre, branchée l'une à côté de l'autre sur une conduite de la Ville ayant également un diamètre de 100 *mm*. Or, en cas d'incendie, de deux choses l'une : ou le grand secours fonctionnera et absorbera tout le débit de la conduite, aux dépens du service ordinaire, qui ne recevra plus une goutte d'eau, ou le service ordinaire sera alimenté et le grand secours ne fonctionnera plus. Il faut absolument que chaque secours soit alimenté par une prise distincte sur deux conduites de la Ville, indépendantes l'une de l'autre, ainsi que le prescrit l'article 50 de l'ordonnance de police du 16 mai 1881, et il faut surtout que les conduites sur lesquelles on se branche aient un diamètre au moins égal et plutôt supérieur au branchement, afin de fournir en tout temps un débit considérable. Or, nous pouvons affirmer que cette condition est loin d'être remplie dans tous nos théâtres, ce qui est très regrettable.

2° *Trop de complication dans le réseau de canalisation.* En effet, on place généralement sur les conduites beaucoup de robinets de barrage, dans le but d'isoler telle ou telle partie du service. Ces robinets sont fréquemment fermés par inadvertance et même souvent manœuvrés par des personnes étrangères au service. De là, perte de temps ou immobilisation du service en cas de sinistre. Il nous paraît préférable d'avoir un seul robinet à la prise sur la rue et de laisser toutes les conduites constamment en charge. En cas de réparation, on ferme et on vide la conduite de secours pour quelques heures tout au plus. On peut, du reste, prendre à l'avance toutes les précautions désirables pour le cas où un commencement d'incendie viendrait à se produire pendant la réparation.

3° *Position d'établissements rendus ou devenus inaccessibles au moment du feu.* Il est bien certain que, pour qu'on puisse se servir utilement des divers établissements d'un théâtre, il faut que ces établissements soient tous très facilement accessibles en tout temps.

Or, si cette condition est remplie aujourd'hui dans certains théâtres comme le Châtelet, le Vaudeville, le Palais-Royal, il en est d'autres où les postes sont placés dans les escaliers de la salle conduisant les spectateurs aux places supérieures. En sorte qu'en ouvrant la porte de ces postes, on barre complètement l'escalier qui doit servir à évacuer la salle. Dans un autre théâtre, la seule et unique porte condui-

sant de la scène au foyer des artistes ouvre de telle façon qu'elle ferme complètement un des postes qui doit combattre le feu de scène. Ailleurs, la porte d'un poste de secours ferme complètement, lorsqu'elle est ouverte, le seul couloir commandant toutes les loges des danseuses et figurantes. En cas de sinistre, ou les postes deviendraient sans effet, ou le personnel aurait beaucoup de peine à sortir.

4° *Nécessité de la présence effective de l'homme. — Personnel nombreux et exercé.* — Il est certain que, pour que les différents établissements d'un théâtre puissent être utilisés à un moment donné, il faudrait que chaque poste fût constamment gardé par un homme, ce qui exigerait un personnel nombreux et exercé. Sans cela, on s'expose à perdre un temps précieux en courant d'un poste à l'autre, en déroulant la première demi-garniture et en vissant la seconde si la première est insuffisante. Nous l'avons bien vu, hélas ! lors de l'incendie de l'Opéra-Comique, où, par une incurie inexplicable, les pompiers n'ont pas déployé une seule garniture et n'ont pas versé une seule goutte d'eau sur l'incendie. Ce n'est pas leur faute. Ils ne savaient pas leur métier, et peut-être même n'étaient-ils pas capables de l'apprendre.

5° *L'action du jet de lance nous paraît trop limitée, surtout dans le cas d'une projection verticale.* — Nous pensons qu'il serait préférable que chaque lance fût munie d'un appareil pouvant étaler l'eau et la répandre sur une plus grande surface, le jet droit attaquant trop directement un seul point et laissant brûler les matières qui se trouvent à côté du point où il porte.

6° *Les réservoirs d'alimentation placés au-dessus du gril ont généralement un volume trop petit.* — Ils donnent en outre, à cet étage et dans les ponts, des pressions trop faibles, qui sont à peine utilisables. La première condition est imposée par le manque de place pour l'établissement de ces réservoirs, mais nous ne verrions aucun inconvénient à les placer au-dessus des combles du théâtre. On pourrait alors les construire d'une plus grande capacité et obtenir aussi plus de pression aux étages supérieurs. Le volume d'eau placé ainsi en plein air serait mis à l'abri de la gelée par l'adjonction d'une solution saline incongelable, comme du chlorure de magnésie, par exemple. Une solution à 33 0/0 peut résister à une température de 15° au-dessous de zéro. Cette eau, rendue incongelable, sera en outre ignifuge par suite de l'adjonction du chlorure de magnésie, et sa projection augmentera de force, sa densité étant plus grande. Elle agira

par percussion mieux que l'eau ordinaire pour désagréger les braises, et nous savons tous qu'elle est sans action sur les métaux, M. Eiffel l'ayant employée avec succès dans sa cuve circulaire à l'Observatoire de Nice.

La dépense serait insignifiante, puisque le chlorure de magnésie ne coûte que 20 francs les 100 kilogrammes, et une fois cette dépense faite, la solution peut durer presque indéfiniment.

Les défauts dus à l'homme dans le service ordinaire, sont les suivants :

Le pompier de service doit être attentif, courageux, fort, intelligent et habile. L'absence d'une de ces qualités annule les autres. L'homme ne peut du reste rester à son poste que dans certaines conditions, et il est forcé souvent de battre en retraite, en abandonnant son établissement, au moment où sa présence serait le plus utile.

En raison de la rapidité avec laquelle se propage généralement le feu sur la scène, on ne peut espérer réussir à s'en rendre maître que si on l'attaque à son début. Une surveillance très active est donc indispensable, de manière à pouvoir éteindre immédiatement tout commencement d'incendie. A ce point de vue, le personnel le mieux exercé et le plus entendu, est certainement celui du théâtre. Les pompiers de service changent trop souvent ou sont en nombre insuffisant. Le roulement journalier a un peu diminué depuis l'incendie de l'Opéra-Comique, mais il existe toujours dans des conditions déplorables, en sorte que très souvent, *au dire même des Directeurs*, les hommes ne connaissent pas le théâtre dans lequel ils viennent pour la première fois. En outre, les pompiers sont des soldats qui ne connaissent que *leur consigne*, comme l'un d'eux le déclarait, il y a quelques jours, devant la 3e chambre du Tribunal civil. Ils n'ont pas d'initiative et ne peuvent pas en avoir. Ce sont des soldats très braves, nous ne le contestons pas, mais des soldats, qui, comme les autres, font cinq ans de service. Or, il faut au moins deux ans pour bien connaître les mouvements, une année encore pour devenir un bon pompier, et deux ans après ils quittent le service. On peut donc dire que les deux cinquièmes des pompiers seulement sont en état de rendre des services. Autrefois on ne choisissait, pour entrer dans le corps des pompiers, que des hommes solides, éprouvés, à qui l'on reconnaissait, outre l'agilité et la souplesse de corps, qui sont des qualités indispensables, un esprit ferme et une âme résolue. Une fois enrôlés, on les formait lentement aux diverses manœuvres qu'exige le métier

et c'était pour eux comme une profession. A notre avis, il serait infiniment préférable de confier aujourd'hui la surveillance des théâtres à des *pompiers civils*, recrutés parmi les machinistes. Il faut enlever les pompiers à l'armée, il faut arriver à ce qu'ils forment, comme en Angleterre, un corps purement civil, ayant le temps de faire son apprentissage et de bénéficier de l'expérience acquise. Il faut surtout, de l'avis de tous les Directeurs de théâtre, que chaque pompier reste à demeure dans un théâtre, afin qu'il le connaisse bien et qu'il soit toujours prêt à combattre un incendie lorsqu'il se produit.

Les défauts de l'arme et les défauts de l'homme dans le grand secours, prêtent beaucoup moins à la critique que dans le service ordinaire. En effet, aucune complication ne peut motiver de fausse manœuvre, le seul organe à faire agir est le robinet de barrage placé hors du foyer de l'incendie. Un seul mouvement fait par le premier venu, met en marche l'appareil une fois pour toutes, et l'eau coule indéfiniment. Il n'y a plus aucune qualité à demander à l'homme, tout le monde sachant tourner un robinet loin de tout danger.

Mais il ne faut pas se dissimuler que l'emploi du grand secours occasionnera de grands dégâts matériels en raison même de son efficacité. L'ouverture d'un simple robinet donnant d'un seul coup un volume d'eau énorme, oblige celui qui le manœuvre à agir avec discernement. Les pompiers ont l'ordre de ne se servir du grand secours qu'après avoir reconnu l'impossibilité de continuer la défense par les lances.

On pourrait, à notre avis, rendre le service du grand secours moins brutal, en le divisant de la manière suivante : on grefferait au-dessus du gril de la scène, sur la couronne haute du service des lances, ou bien sur le tuyau d'arrivée du grand secours lui-même, un réseau de branchements desservant une deuxième série de déversoirs. Le fonctionnement de ces déversoirs serait divisé en huit parties égales : quatre du côté cour et quatre du côté jardin. Huit robinets d'arrêt manœuvrés de la scène, permettraient d'ouvrir à volonté, une ou plusieurs sections, et la manœuvre d'incendie se ferait par deux hommes : *un guetteur* et *un servant*. Ce dernier, placé comme le timonnier d'un navire devant les transmissions numérotées, n'auraient qu'à obéir aux ordres du guetteur pour inonder une ou plusieurs fractions de la scène. Nous pensons que ce nouveau

service pourrait même au besoin remplacer le service des lances sur la scène, en nécessitant un personnel moins nombreux.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'extincteur automatique inventé par un de nos collègues, M. P. Oriolle, en 1881, à la suite des prescriptions de la Préfecture de Police, appareil qui vient d'être imité à Lille, sous le nom d'appareil « Grinnel », et qui peut aussi rendre, dans une certaine mesure, des services dans les théâtres. En effet, combiné avec un système d'avertisseur, non seulement il annonce l'incendie au moment où il éclate, mais de plus, se mettant en marche de lui-même et au début, il produit l'extinction ou tout au moins y coopère d'une manière efficace et continue jusqu'à l'arrivée des secours du dehors.

Le principe sur lequel repose l'appareil est excessivement simple. Il se compose d'une tubulure placée au bout ou le long d'une canalisation d'eau en charge. L'orifice de sortie d'eau est fermé par un obturateur maintenu en place par une barrette et une petite pièce en alliage fusible à une température fixe réglée d'avance, suivant les cas particuliers où l'appareil doit être employé.

Quand le feu prend dans une pièce où se trouve l'extincteur automatique, placé le plus souvent généralement à la partie haute, la flamme ou les gaz chauds de la combustion provoque la fusion de la pièce en alliage, la barrette tombe d'elle-même, et l'obturateur est projeté au loin par la charge de l'eau dans la conduite. L'extincteur débite alors un volume d'eau proportionnel au diamètre de son orifice et à la pression dans la conduite ; la direction du jet ou de la gerbe est assurée d'avance au moyen de directeurs-diviseurs placés dans l'orifice de la sortie d'eau.

En résumé, nous possédons dans nos théâtres les moyens d'action nécessaires pour combattre les incendies, mais ces moyens ont besoin, pour être tout à fait efficaces, d'être appliqués rigoureusement et judicieusement, ce qui n'a pas toujours lieu, même aujourd'hui.

Le personnel appelé à se servir des installations, une fois que celles-ci auront été complétées, est, suivant nous, à réformer entièrement, en remplaçant les sapeurs-pompiers de l'armée par des pompiers civils attachés à demeure à chaque théâtre et sous le commandement du Directeur, et non du service de Police qui est trop souvent absent quand on a besoin de lui.

En terminant, permettez-nous de vous signaler un établissement

considérable de la capitale qui a fait judicieusement l'application des principes que nous venons d'exposer, et qui s'en trouve parfaitement. Nous voulons parler des Magasins du *Bon Marché*, dont vous connaissez tous l'importance. Cet établissement, dans lequel un incendie causerait encore plus de malheurs et de ravages que dans un théâtre, n'a rien négligé pour arriver à combattre efficacement le fléau. Deux prises directes de 100 *mm*, sur conduite de la Ville de 400 *mm* de diamètre, alimentent une première ceinture horizontale qui fait le tour des sous-sols, qui n'ont pas moins de 10 000 mètres superficiels. Cette couronne est reliée à une autre supérieure, de même diamètre, par 9 colonnes montantes de 60 *mm*, qui vont aboutir à un réservoir supérieur de 20 000 litres. Sur ces colonnes, sont greffés 62 établissements de 40 *mm* et 78 de 27 *mm* de diamètre, soit en tout 140 postes d'incendie parfaitement installés, d'un accès facile et renfermant, en bon état, tous les accessoires nécessaires, dont 20 mètres de garnitures en fort caoutchouc et un supplément de 10 mètres. Tous les soirs, la pression dans chaque colonne est essayée au manomètre, et tous les dimanches, on essaie les tuyaux en caoutchouc sur la pression directe de la Ville. Quarante appareils avertisseurs Boivin, avec thermomètres à mercure, sont placés dans différentes parties de l'établissement, celles où le feu peut se déclarer plus facilement. Ces appareils sont en communication avec un grand tableau d'alarme placé à la porte de Sèvres, et préviennent l'administration aussitôt qu'un sinistre se produit en un point quelconque de l'établissement. Quatre-vingts extincteurs, système Blond, sont en outre répartis sur la surface des magasins, plus deux appareils à feu de cave. A l'extérieur, 4 bouches de 100 *mm* pour pompes à incendie à vapeur, plus les bouches sous trottoirs servant à l'alimentation des pompes ordinaires. La maison est en communication directe par le télégraphe avec la caserne des pompiers de la rue du Vieux-Colombier, mais elle possède un corps de pompiers civils dont il nous reste à vous parler.

Ce corps est composé de 20 hommes, dont 1 chef et 4 sous-chefs. Ils sont recrutés parmi les gradés du corps des sapeurs-pompiers de Paris, ou ceux qui se sont distingués par des actions d'éclat. Ils sont divisés en trois équipes de 5 hommes, une pour le service de nuit et deux pour celui de jour. L'équipe de nuit, qui fait des rondes toutes les demi-heures, est renforcée par 2 gaziers et 9 veilleurs. En cas de

besoin, les équipes sont secondées par 16 à 20 garçons auxiliaires de magasin qui couchent dans la maison.

Dans le jour, de huit heures du matin à six heures du soir, les pompiers se tiennent principalement dans les sous-sols où ont lieu les manutentions des marchandises.

L'équipe qui a passé la nuit se repose le matin, puis, après déjeuner jusqu'au soir, elle assiste à un cours théorique qui est fait tous les jours par le Chef pompier pour ses hommes, pour les gaziers et pour les électriciens.

Tous les hommes sont habillés, logés et nourris dans la maison. Un pompier, dans ces conditions, revient à 2 800 francs par an. C'est donc une dépense de 56 à 60 000 francs que le *Bon Marché* fait tous les ans pour ce personnel, et cette importante maison de commerce n'a pas lieu de le regretter, en raison des excellents résultats qu'elle en obtient. Les hommes sont constamment à leurs postes, et savent bien ce qu'ils ont à faire en cas de sinistre. Aussi est-il rare qu'un commencement d'incendie se produise, et, dans tous les cas, il est très rapidement éteint. Espérons qu'avant peu nous pourrons en dire autant de tous nos théâtres.

DU MOUVEMENT DE L'EAU

DANS LES TUYAUX CIRCULAIRES

THÉORIE DE M. MAURICE LÉVY

TABLE POUR LE CALCUL DES CONDUITES

PAR

M. H. VALLOT

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Objet du mémoire.

Bien que l'étude du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite constitue un des problèmes les plus importants de l'hydraulique, elle n'a pas donné lieu, que nous sachions du moins, à des communications ou mémoires au sein de notre Société (1). On pourrait penser qu'après les beaux travaux de Darcy, le problème de l'écoulement de l'eau dans les tuyaux a reçu sa solution définitive, du moins en ce qui concerne les besoins ordinaires de la pratique. Nous espérons démontrer qu'il n'en est rien. Non seulement l'illustre ingénieur a laissé un vaste champ ouvert aux investigations théoriques, mais encore les limites que la force des choses a imposées à ses expériences sont depuis longtemps dépassées en ce qui concerne les dimensions des conduites. En effet, le plus grand diamètre de tuyaux que Darcy ait expérimenté est celui de 0,50 *m*

(1) L'hydrodynamique des fluides est représentée dans nos bulletins par deux mémoires: en 1863, M. Arson nous communiquait les résultats de ses expériences sur l'écoulement des gaz dans les longues conduites, expériences complétées depuis, et qui ont donné lieu de sa part à la publication dans nos bulletins, en 1867, d'un remarquable mémoire sur cette question, suivi de tables étendues qui facilitent la solution des problèmes relatifs à cette partie de la science. Au point de vue du mouvement de l'eau dans les canaux découverts, nous avons eu en 1876 un intéressant mémoire de M. Achille Bazaine sur la formule de MM. Ganguillet et Kutter, et sa comparaison avec la formule de M. Bazin.

et encore s'applique-t-il à la fonte neuve. Pour les conduites recouvertes de dépôts, les expériences s'arrêtent au diamètre de 0,243 *m*. Or, depuis plus de vingt ans, on fait usage pour les distributions d'eau importantes de tuyaux en fonte de 1,00 *m* et 1,10 *m* de diamètre. Ce sont les dimensions qui ont été respectivement adoptées pour les siphons des aqueducs de la Dhuis et de la Vanne (1). Mais l'emploi de la tôle a permis, dans ces dernières années, de pousser bien au delà la grandeur des dimensions des conduites, même sous des pressions notables. Ainsi, au canal du Verdon, il existe des exemples remarquables de siphons formés de tuyaux en tôle, ou même en maçonnerie, de 1,75 *m* et 2,30 *m* de diamètre. Ces derniers fonctionnent sous des pressions d'eau atteignant 40 *m* (2). Nous verrons plus loin les divergences qui résultent de l'application des diverses formules à de pareils diamètres.

Il semble donc naturel, en attendant que de nouvelles expériences reculent les limites que nous venons d'indiquer, de recourir aux théories rationnelles qui paraîtront représenter la plus fidèle approximation de la vérité. Nous ne prétendons pas que la lacune que nous venons de signaler puisse être dès maintenant comblée, et encore moins que ce rôle nous appartienne; nous voulons seulement rappeler à nos collègues quelques-unes des recherches qui ont été faites dans ce but; nous voulons surtout leur signaler un travail, déjà ancien sans doute, mais dont les remarquables déductions nous paraissent, même encore aujourd'hui, les plus propres à représenter les lois de l'écoulement dans les tuyaux de conduite, surtout au delà de la limite que nous avons mentionnée. Ce travail est un mémoire de M. Maurice Lévy (aujourd'hui ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et membre de l'Institut), publié en 1867 dans les Annales des Ponts et Chaussées sous le titre : *Théorie d'un courant liquide à filets rectilignes et parallèles, de forme transversale quelconque. Application aux tuyaux de conduite* (3).

(1) Annales des Ponts et Chaussées, 1881, II, 337, *Notice sur M. E. Belgrand*, par M. L. Lalanne.

(2) Annales des Ponts et Chaussées; — *Canal du Verdon*, par M. de Tournadre, 1881, II, 15. — *Siphons à grand diamètre du canal du Verdon*, par M. de Tournadre, 1876, II, 450. — *Siphon métallique de Saint-Paul, sur le Canal du Verdon*, par M. Bricka; 1877, I, 370.

(3) Ce travail a reçu l'une des médailles d'or accordées en faveur des meilleurs mémoires insérés aux Annales des Ponts et Chaussées.

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE SUJET

Aperçu des recherches théoriques et expérimentales faites sur cette question.

La recherche des conditions d'écoulement des liquides dans les tuyaux a donné lieu à deux genres d'études ; d'une part, les recherches expérimentales ont servi de base à l'établissement des formules semi-empiriques, universellement employées par les ingénieurs dans leurs applications pratiques ; d'autre part, les auteurs de travaux scientifiques très importants ont cherché à expliquer rationnellement les résultats expérimentaux, et, en faisant autant que possible disparaître l'empirisme des formules, à découvrir les véritables lois qui régissent l'écoulement des liquides dans les conduites ; la solution de ce dernier problème permettrait de prolonger ces lois au delà des limites que les expériences leur avaient primitivement assignées ; c'est un résultat qui, comme nous venons de le voir, est éminemment désirable vu les progrès constants réalisés dans l'établissement des conduites depuis quelques années.

On sait que de Prony, s'appuyant sur 51 expériences de Couplet, Bossut et Dubuat, a établi une formule à coefficients numériques dont les ingénieurs ont fait pendant longtemps très largement usage. Eytelwein, d'Aubuisson, M. Dupuit, etc., ont donné pour ces coefficients des valeurs un peu différentes. Enfin Henry Darcy est venu, par ses belles recherches expérimentales de 1849-51, ouvrir une voie nouvelle en hydraulique par l'habileté avec laquelle il a su mettre en évidence les principaux facteurs qui interviennent dans les lois complexes de ce mouvement. Les formules empiriques qui résument très heureusement ses expériences sont aujourd'hui presque généralement adoptées ; mais on conçoit facilement qu'elles ne peuvent plus offrir la même garantie d'exactitude dès qu'on franchit les limites de grandeur des éléments qui ont servi à les établir.

M. Bazin a été, comme on le sait, le collaborateur et le continuateur de Darcy, mais ses expériences se rapportent presque exclusivement aux canaux découverts ; nous verrons cependant que ses nombreuses et remarquables recherches sur la distribution des vitesses

dans une même section transversale d'un courant peuvent servir de point d'appui à l'étude similaire relative aux tuyaux de conduite.

Les expériences de Darcy sont donc encore aujourd'hui les seules qui puissent fournir les données numériques indispensables à toute étude rationnelle sur l'hydrodynamique des liquides en mouvement dans les tuyaux. Il suffit d'ailleurs de parcourir l'ouvrage publié par Darcy en 1857 et formant le compte rendu analytique de ses expériences, pour se convaincre avec quelles précautions remarquables les installations ont été préparées, et avec quels soins minutieux les expériences ont été conduites. On voit également que l'auteur y a savamment discuté les résultats obtenus, et l'on pourrait véritablement se demander s'il y a lieu de pousser cette étude hors du cadre qu'il s'était tracé, si l'on ne réfléchissait que ses principales formules sont empreintes d'un cachet d'empirisme qui, comme nous l'avons annoncé et le démontrerons plus loin, fait naître des doutes sur l'exactitude de leur application, dès qu'on a dépassé la limite supérieure à laquelle les expériences se sont arrêtées.

En outre des recherches expérimentales dont nous venons de parler, l'hydrodynamique des fluides, et particulièrement l'écoulement de l'eau dans les cours d'eau, a depuis longtemps préoccupé les savants. En 1822, Navier avait établi, d'après les idées de Newton, les équations générales du mouvement d'une masse liquide par filets rectilignes et parallèles; mais les hypothèses qui servent de base à leur établissement, comme il l'a reconnu dès l'année suivante, ne sont malheureusement pas confirmées par les faits. Des équations du mouvement de l'eau dans les cours d'eau ont été établies ensuite par Bélanger, Vauthier, Coriolis ; mais elles visent toutes le mouvement varié et se trouvent dépouillées de tout caractère original dès qu'on les applique au mouvement uniforme dans les tuyaux. Il était donc nécessaire de pénétrer plus avant dans cette délicate analyse et c'est ce qu'ont cherché à faire différents auteurs et savants, tels que MM. Barré de Saint-Venant, Maurice Lévy, Kleitz, Boussinesq, etc.

Nous n'avons pas, bien entendu, la prétention d'analyser leurs savantes recherches. On trouvera cette étude toute faite, soit dans les nombreux rapports de M. de Saint-Venant à l'Académie des Sciences, soit dans les cours spéciaux, tel que celui de Mécanique appliquée, professé par M. Bresse à l'École des Ponts et Chaussées. Nous nous contenterons simplement d'indiquer en quelques mots quels sont les

points communs ou les divergences que ces théories présentent avec celle que nous nous proposons d'examiner, toujours au seul point de vue du *mouvement permanent uniforme* dans les *tuyaux circulaires*. Enfin, nous rappellerons que M. de Saint-Venant, en outre des rapports dont nous venons de parler, a publié un important « Mémoire sur l'hydrodynamique des cours d'eau » (1). « L'auteur, dit M. Bresse, y expose et discute savamment l'état de nos connaissances relativement à ce sujet difficile ». Ce simple énoncé suffit pour nous dispenser de plus amples indications à cet égard (2).

Effet des frottements dans une masse fluide en mouvement.

Les liquides naturels ne sont point des fluides parfaits ; ils sont doués de viscosité, c'est-à-dire que leurs molécules sont soumises à une certaine cohésion qui s'oppose à leur déplacement relatif ou à leur glissement au contact des corps extérieurs.

Navier admettait, suivant l'hypothèse de Newton, que le *frottement* ou force qui s'exerce entre deux molécules liquides voisines animées de vitesses différentes, est proportionnel à la vitesse relative de ces molécules. Dans le cas particulier d'un tuyau circulaire, le frottement par unité de surface sur une couche de rayon r pourrait s'exprimer par :

$$\varepsilon\left(-\frac{dv}{dr}\right)$$

ε désignant ici une constante dépendant de la nature des liquides, et que M. Bresse appelle *coefficient de viscosité*.

Les équations de Navier supposent que le mouvement s'effectue par filets rigoureusement rectilignes et parallèles ; elles peuvent être regardées comme vérifiées par les faits dans les conditions où le mouvement réel s'approche beaucoup de ce mouvement idéal ; elles le sont, en particulier, par les expériences du docteur Poiseuille sur des tubes n'atteignant pas 1 *mm* de diamètre, où la faiblesse de la section écarte la possibilité d'un mouvement à sinuosités d'une grandeur

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 février, 4, 11 et 18 mars 1872.

(2) Nous devons ajouter qu'un très intéressant Mémoire de M. DE SAINT-VENANT, publié après sa mort (6 janvier 1886), dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1887, I, 148) précise avec l'autorité qui s'attache au nom de l'illustre savant la « Manière dont on doit poser les équations du mouvement varié des eaux courantes. »

perceptible. Dans les tuyaux de diamètre usuel, les conséquences de cette loi conduiraient à des vitesses tout à fait inadmissibles (1).

Les formules de Navier doivent donc subir des modifications plus ou moins profondes, pour tenir compte des actions développées par le défaut de parallélisme des filets, que M. Maurice Lévy appelle *mouvement sinueux*, et sans doute aussi de la brusque variation des vitesses réelles, par suite de ce que M. Boussinesq, dans un travail dont nous parlerons plus loin (2), appelle *agitation tourbillonnaire*.

Darcy avait cru pouvoir déduire de ses expériences que la fonction du frottement était de la forme :

$$\varepsilon\left(-\frac{dv}{dr}\right)^2$$

ε étant en outre variable avec les dimensions de la section. Mais M. Maurice Lévy, comme nous le verrons bientôt, a démontré que, dans aucun cas, il n'était possible d'admettre la proportionnalité du frottement au carré de la vitesse relative. La même réfutation a été faite plus tard par M. Kleitz (3) qui a, d'ailleurs, mis en évidence un certain nombre de propriétés déjà démontrées par le précédent auteur. M. Kleitz pensait utile de tenir compte, dans la fonction dont il s'agit, des puissances supérieures impaires de la vitesse relative.

Nous croyons d'ailleurs utile de faire remarquer ici, afin d'éviter tout malentendu, et pour prévenir les objections qui pourraient nous être faites sur ce point, que M. Maurice Lévy a présenté à l'Académie des Sciences, en 1868, un mémoire relatif à *l'hydrodynamique des liquides homogènes* (4), dans lequel l'auteur avait cru devoir modifier, pour les généraliser encore davantage, un certain nombre des idées contenues dans celui qui fait l'objet de la présente note ; il tenait compte alors des dérivées d'ordre supérieur des vitesses absolues. M. de Saint-Venant a cherché à démontrer que les faits ne pouvaient donner raison à cette manière de voir et qu'il était inutile, du reste, de recourir à des formules d'une aussi grande complication. « Tout se réduit ainsi, dit-il dans le travail déjà cité, pour établir, au moins d'abord, les équations différentielles indéfinies du mouvement intérieur, à déterminer les valeurs diverses à donner à ce coefficient »

(1) Voir le Mémoire précité, de 1872, par M. DE SAINT-VENANT.

(2) *Théorie des Eaux courantes.*

(3) Compte rendu du 12 février 1872. Rapport de M. DE SAINT-VENANT sur un mémoire de M. KLEITZ, intitulé : *Étude sur les forces moléculaires dans les liquides en mouvement.*

(4) Compte rendu du 8 mars 1869. Rapport de M. DE SAINT-VENANT sur ce mémoire.

du frottement fluide pour chaque point. Deux ingénieurs (ceux que nous venons de citer), bons analystes, l'ont tenté ; l'Académie, en louant leurs efforts et en faisant ressortir, dans leurs travaux, de remarquables accessoires, ainsi que des considérations utiles, n'a point donné son approbation à leurs résultats principaux relatifs à l'établissement des formules de pression. »

Nous nous hâtons d'ajouter que ces observations s'appliquent au second mémoire que nous venons de mentionner ; elles n'infirment en rien les mérites et les déductions du premier, auquel M. Maurice Lévy s'en est postérieurement tenu ; et s'il pouvait y avoir encore quelques doutes sur cette divergence d'opinion, l'explication suivante nous paraît devoir suffire à les dissiper.

M. de Saint-Venant ajoute : « C'est dans une tout autre direction que celle des travaux analytiques qui supposent la régularité des mouvements comme ceux que nous venons de discuter, qu'il convient de chercher les valeurs diverses à attribuer au coefficient ε de frottement pour les divers points des cours d'eau ordinaires où ces mouvements plus ou moins tumultueux n'offrent de variation continue que dans les vitesses moyennes locales, ou de translation de groupes... »

Il est probable, il est même certain, vu l'autorité de celui qui parle, que c'est en effet dans une autre direction (celle suivie plus tard par M. Boussinesq), qu'il faut chercher les équations applicables aux mouvements compliqués de l'eau dans les cours d'eau, où peut intervenir le mouvement varié, permanent ou non permanent. Les expériences de M. Bazin prouvent d'ailleurs surabondamment l'extrême difficulté qu'il y a à saisir les lois de répartition des vitesses dans les sections d'écoulement (1). Mais dans les tuyaux circulaires, dans lesquels il y a absence de surface libre, où nous ne considérons que le mouvement permanent, où ce mouvement est uniforme vu l'identité des sections successives, où la section transversale est symétrique autour d'un point, où, par suite, les conditions d'écoulement sont beaucoup moins complexes, n'est-il pas permis d'aborder le problème comme l'a fait M. Maurice Lévy et comme il le dit lui-même :

1° Etudier d'une manière complète et rigoureuse le mouvement par filets rectilignes et parallèles ;

(1) Voir encore sur ce sujet une note de M. Bazin : *Mesure des vitesses à l'aide du tube jaugeur; Ann. des Ponts et Chaussées*, 1887, II, 195.

2° Etudier les écarts qui existent entre un tel mouvement et celui qu'affectent réellement les liquides dans la nature.

Cette méthode d'investigation nous semble parfaitement logique, au moins dans le cas restreint qui nous occupe. C'est ce qui nous fait présumer que ce n'est pas au présent travail que s'est adressé le reproche signalé plus haut.

Ainsi les différents auteurs que nous venons de citer s'accordent à reconnaître que la fonction du frottement ne doit renfermer la vitesse relative que comme facteur au premier degré. Quant au coefficient ε, qui représente dans les équations de Navier une quantité constante, voici ce qu'en dit M. de Saint-Venant :

« Le nombre, l'amplitude et la vitesse giratoire des tourbillons formés, ainsi que les lois de leur propagation et de leur extinction graduelle, n'ont pas été soumis au calcul. On peut, en attendant, et peut-être avec autant d'utilité et d'approximation, faire sur la grandeur du coefficient ε qui en dépend, des suppositions en rapport avec l'intensité probable de l'agitation qu'ils produisent, dans les divers cas, puis comparer les résultats aux faits connus. »

C'est dans cette évaluation qu'intervient, dans la théorie de M. Maurice Lévy la *vitesse absolue* des filets fluides, dont le rôle avait été déjà signalé par M. Bazin. D'un autre côté, la voie indiquée par M. de Saint-Venant a été suivie par M. Boussinesq ; aussi croyons-nous utile, dans la dernière partie de cette note, de faire connaître quelques unes des idées de cet auteur sur ce sujet, en faisant toutefois observer qu'il n'a traité que d'une façon accessoire le cas du mouvement uniforme dans les tuyaux de conduite, son objectif principal étant l'étude du mouvement varié dans les eaux courantes.

Enfin, sans avoir la prétention de relater tous les auteurs qui ont écrit sur ce sujet, il nous restera à dire quelques mots d'un essai de M. P. Boileau relatif à cette question, et à discuter la formule de M. Gauckler applicable au mouvement de l'eau dans les tuyaux.

CHAPITRE II

EXPOSÉ SOMMAIRE DE LA THÉORIE DE M. MAURICE LÉVY (1)

Propriétés générales d'un courant liquide à filets rectilignes et parallèles de forme transversale quelconque.

Le mouvement par filets rectilignes et parallèles n'est pas celui que prennent les eaux à la surface du sol; mais elles se rapprochent plus ou moins de ce mouvement idéal, et son étude fournira une première approximation qui facilitera l'examen des écarts entre la première loi ainsi déterminée et les lois naturelles inconnues, mais dont les manifestations se retrouvent dans les faits expérimentaux. On peut donc poser le problème ainsi :

1° Etudier d'une manière *complète et rigoureuse* le mouvement des liquides par filets rectilignes et parallèles.

2° Etudier *les écarts* qui existent entre un tel mouvement et ceux qu'affectent réellement les liquides dans la nature.

Si l'on considère l'équilibre d'une portion quelconque de fluide, on reconnaît que les forces qui agissent sur cette portion de fluide sont : la pesanteur, les pressions normales et le frottement. Le frottement est une action tangentielle qui prend naissance en même temps que le mouvement, et l'on sait déjà que si l'on considère un élément parallèle au courant, cette force nouvelle est dirigée en sens contraire de la vitesse, et indépendante de la pression : tous les expérimentateurs sont d'accord sur ce point; elle ne peut donc dépendre que de la *vitesse absolue* (c'est-à-dire la vitesse par rapport à la paroi supposée en repos) et de la vitesse relative entre deux molécules prises sur la normale à cet élément près de chacune de ses faces. Si v est la vitesse absolue de l'élément fluide, dv l'accroissement de vitesse pour l'accroissement dn de la normale, et T la valeur du frottement rapporté à l'unité de surface, on aura :

$$T = \varphi\left(v, \frac{dv}{dn}\right).$$

(1) Le mémoire de l'auteur est précédé d'un résumé que nous n'avons eu qu'à suivre pas à pas, et dans lequel nous avons largement puisé pour la rédaction du présent chapitre; nous ne saurions d'ailleurs trop engager ceux de nos collègues que cette question intéresse à lire le mémoire original de M. Maurice Lévy dont le présent exposé ne donne qu'une idée fort imparfaite.

Or, M. Maurice Lévy, s'appuyant sur les seules conditions mécaniques du mouvement uniforme des liquides, et établissant l'équilibre d'un prisme triangulaire élémentaire dont les arêtes sont parallèles au courant, arrive à prouver que la fonction φ du frottement doit nécessairement être de la forme

$$T = f(v)\frac{dv}{dn},$$

c'est-à-dire le produit d'une fonction quelconque de la vitesse absolue par la vitesse relative.

Dans le cas où l'on supposerait que cette fonction se réduit à une constante, on retomberait sur la loi de Navier (proportionnalité du frottement à la vitesse relative). Mais en aucun cas on ne peut admettre la loi de Darcy (proportionnalité du frottement *au carré* de la vitesse relative).

L'auteur aborde ensuite l'étude du frottement dans diverses directions autour d'un point, et particulièrement dans le sens parallèle et le sens perpendiculaire au courant ; il met ainsi en évidence l'existence d'une force tangentielle entre deux molécules consécutives d'un même filet liquide, et établit une relation géométrique très simple qui lie les intensités du frottement dans ces deux directions.

Ces considérations l'amènent à montrer l'existence, dans un courant de forme transversale quelconque, d'une famille de courbes ou plutôt de cylindres, à génératrices parallèles au courant, et à *frottement maximum*, c'est-à-dire jouissant de la propriété de subir en un point quelconque de leur surface un frottement plus grand que tous les autres éléments plans parallèles au courant passant en ce point. Comme deuxième conséquence, il fait voir qu'il existe une deuxième famille de cylindres, dits à *frottement nul*, qui coupe la première à angle droit, et il démontre que les cylindres à frottement maximum ont pour directrices les *courbes d'égale vitesse* prises dans la section transversale du courant, et les cylindres à frottement nul ont pour directrices les trajectoires orthogonales de ces courbes.

Dans les tuyaux de conduite, par exemple, les premiers sont circulaires et concentriques au tuyau, et les seconds sont formés par les plans méridiens.

L'auteur étudie ensuite comment varie le frottement sur un élément plan de direction quelconque, et observe qu'en chaque point passent trois éléments plans rectangulaires à frottement nul ; si leur

succession constitue trois familles de surfaces à frottement nul, ces surfaces se coupent donc partout à angle droit ; or, dans les liquides sujets au frottement et dont le mouvement a lieu par filets rectilignes et parallèles, M. Maurice Lévy démontre qu'il n'existe qu'un seul cas où ce triple système de surfaces orthogonales puisse exister : c'est celui où les cylindres normaux à ceux d'égale vitesse sont des plans, ou, ce qui revient au même, quand ces derniers sont équidistants. Ainsi, on se trouve conduit à admettre que dans le mouvement hypothétique en question, *les courbes* ou *les cylindres d'égale vitesse sont équidistants.*

Cette propriété très remarquable se vérifie parfaitement au moyen des expériences exécutées jusqu'ici. Elle est évidente pour les tuyaux circulaires, et elle se retrouve très bien dans les expériences de M. Bazin sur les tuyaux rectangulaires fermés.

Distribution des vitesses dans un courant à filets rectilignes et parallèles quel que soit le périmètre mouillé.

M. Maurice Lévy démontre d'abord d'une manière rigoureuse les deux propositions fondamentales suivantes que l'on établit en hydraulique :

1° La pression (ou la charge, s'il s'agit de conduite) décroît proportionnellement au chemin parcouru suivant la direction du courant.

2° La pression varie dans une section transversale suivant la loi hydrostatique, c'est-à-dire qu'en un point quelconque d'une même section, elle est proportionnelle à la distance de ce point à un plan horizontal fixe.

S'appuyant ensuite sur les notions acquises dans la première partie de sa théorie, l'auteur obtient l'équation différentielle aux vitesses :

$$f(v)\frac{dv}{dn} = \varpi \mathrm{I} \rho$$

ϖ étant le poids de l'unité de volume du liquide,

I la *pente*, ou perte de charge par unité de longueur,

$\rho = \frac{\omega}{\chi}$ le *rayon moyen* de l'une des courbes d'égale vitesse, ou rapport de l'aire ω au périmètre χ de cette courbe.

Pour intégrer l'équation aux vitesses, l'auteur la met sous la forme :

$$F(v) - F(V) = \varpi I \int_{n_0}^{n} \rho \, dn .$$

n étant la distance normale entre la courbe de vitesse v et une courbe d'égale vitesse fixe.

n_0 la distance analogue pour la courbe de vitesse V.

$F(v)$ est une fonction telle que :

$$F'(v) = f(v)$$

Puis il arrive à la formule générale :

$$F(v) - F(V) = \varpi I \left[\frac{1}{4}(n - n_0)^2 + \frac{\chi_0}{2e}(n - n_0) + \left(\frac{o}{e} - \frac{\chi_0^2}{2e^2} \right) \text{log. nép.} \left(\frac{\chi_0 + e(n - n_0)}{\chi_0} \right) \right]$$

χ_0 et n_0 sont les valeurs de χ et de n relatives à la courbe de vitesse V.

e est la différence des angles que forment les normales extrêmes avec un axe fixe.

Cette équation, qui fournit v quand on connaît V, subsiste quelque idée qu'on se fasse du frottement; cette idée ne peut influer que sur la forme de la fonction F (v). Si l'on admettait, avec Navier, que le frottement fût proportionnel à la vitesse relative, on aurait :

$$F(v) = -\varepsilon v$$

Mais cette hypothèse n'est pas confirmée par l'expérience.

Si l'on applique la formule ci-dessus à une *conduite circulaire*, où les surfaces à frottement maximum sont les cylindres concentriques à la conduite, en supposant que V soit la vitesse du filet central, et que n, remplacé ici par r, se compte à partir de ce filet, elle devient :

$$F(v) - F(V) = \frac{\varpi I r^2}{4}$$

Détermination de la fonction F (v) et de la loi du frottement. — Vérification expérimentale.

La discussion des expériences de Darcy et la traduction graphique des résultats obtenus sur les divers tuyaux, en différents points des sections, ont permis à l'auteur de poser :

$$F'(v) = -2\varepsilon v$$

et, par conséquent, d'assigner à la fonction F (v) la forme :

$$F(v) = -\varepsilon v^2$$

La formule ci-dessus devient ainsi :

$$\varepsilon (V^2 - v^2) = \frac{\varpi I r^2}{4}$$

Si le mouvement s'opérait rigoureusement par filets rectilignes et parallèles, ε devrait être constant pour toutes les expériences. Or il n'en est pas ainsi ; les variations de ce coefficient montrent qu'il subit des perturbations que l'expérience permet d'apprécier, mais qui ne sont fonction ni de la pente, ni du diamètre, ni de la nature des conduites expérimentées, mais seulement de la *distance au centre* du point dont on considère le mouvement ; ε ne varie ainsi qu'avec la *flèche des trajectoires* décrites par les molécules, et c'est bien ce qui prouve que cette variation est due uniquement à ce que le mouvement n'est pas rigoureusement rectiligne.

Les expériences de Darcy prouvent que l'on a très sensiblement :

$$\varepsilon = K\sqrt{r}$$

d'où :

$$V^2 - v^2 = \frac{\varpi}{4K} I r^{\frac{1}{2}}$$

Le coefficient $\frac{\varpi}{4K}$ est constant pour un même liquide ; pour l'eau, il est égal au nombre 2640, en prenant pour base les expériences précitées.

On a donc :

$$V^2 - v^2 = 2640\ I r^{\frac{1}{2}}$$

De cette formule, on peut tirer facilement les lois du frottement entre deux cylindres concentriques, et on reconnaît que ce frottement est non seulement proportionnel (comme celui de deux filets contigus) au produit de leur vitesse absolue par leur vitesse relative, mais, en outre, proportionnel à la racine carrée de leur rayon. L'introduction de ce dernier terme provient, comme nous l'avons dit, de l'existence du mouvement sinueux, de sorte qu'au lieu d'estimer le *frottement* dans sa véritable direction, on évalue la *résistance au mouvement* parallèlement à l'axe du tuyau.

La formule qui précède, appliquée aux expériences de Darcy, donne entre les vitesses expérimentales et les vitesses calculées des diffé-

rences relatives extrêmement faibles. Sauf pour une expérience, qui doit être mise de côté, ces différences, calculées pour 44 observations, ne dépassent pas :

5 % pour 40 observations.
3 % — 34 —
1 % — 22 —

Elles diminueraient encore d'importance si l'on écartait un tuyau pour lequel les résultats offrent moins de garantie que pour les autres.

Loi du frottement contre la paroi ; vitesse moyenne. Formules pratiques et vérification expérimentale.

L'auteur, cherchant les lois du frottement contre la paroi, montre qu'on peut prévoir que ce frottement sera à peu près proportionnel au carré de la vitesse W à la paroi, c'est-à-dire que l'on doit avoir approximativement :

$$W^2 = \alpha RI,$$

α étant un coefficient dépendant de la nature du tuyau, et R étant son rayon.

Mais on a plus exactement :

$$W^2 = (\alpha + \beta\sqrt{R})\, RI.$$

Quant à la vitesse moyenne U, son expression se trouve facilement par une intégration et l'on obtient :

$$V^2 - U^2 = \frac{4}{7}\, 2640\, IR^{\frac{3}{2}}.$$

On trouve accessoirement que le filet animé de la vitesse moyenne est situé à 0,689 du rayon, résultat auquel conduit également la formule empirique de Darcy.

La relation entre les trois vitesses, moyenne, à la paroi et au centre, est :

$$U^2 = \frac{3V^2 + 4W^2}{7}.$$

Tandis que Darcy avait trouvé :

$$U = \frac{3V + 4W}{7}.$$

Enfin, l'expression de la vitesse moyenne en fonction de la pente

et du rayon est, suivant que l'on adopte l'une ou l'autre des valeurs indiquées pour W :

$$U^2 = RI\ (\alpha + 1131\ \sqrt{R}),$$

ou :

$$U^2 = RI\ (\alpha + m\ \sqrt{R}),$$

m étant un coefficient un peu différent de 1131.

C'est cette dernière expression que M. Maurice Lévy a adoptée pour calculer les *formules définitives* donnant la vitesse moyenne dans les deux cas suivants :

Fonte neuve :

$$\left(\frac{U}{36,4}\right)^2 = RI\ (1 + \sqrt{R}).$$

Conduites chargées de dépôts :

$$\left(\frac{U}{20,5}\right)^2 = RI\ (1 + 3\ \sqrt{R}).$$

Ces formules sont toutes deux comparées par l'auteur aux résultats de l'expérience, et subissent cette épreuve de la manière la plus satisfaisante, particulièrement en ce qui concerne les plus grands diamètres.

Les formules de Darcy cadrent également bien avec ces résultats ; mais comme la loi qu'elles représentent est démontrée être *mathématiquement impossible*, les formules de M. Maurice Lévy doivent, comme nous l'avons dit dès le début, mériter plus de confiance au delà des limites expérimentales, car, si elles ne sont pas rigoureusement des lois naturelles, elles en sont au moins une approximation, et nous verrons bientôt que les résultats donnés par les formules des deux auteurs s'écartent de plus en plus à mesure que les diamètres grandissent.

Enfin, M. Maurice Lévy fait observer que Darcy a établi d'abord sa formule pour la fonte neuve, sous la forme :

$$RI = b_1 U^2,$$

avec :

$$b_1 = 0,000507 + \frac{0,00000647}{R}$$

Pour les conduites recouvertes de dépôts, il donne simplement une règle consistant à considérer le coefficient b_1 comme ayant, dans

ce dernier cas, une valeur double de celle convenant aux conduites neuves (1).

Or cette règle n'est pas parfaitement exacte, car le rapport des coefficients dans les deux cas n'est pas exactement 2, et varie avec le rayon ; nous verrons bientôt dans quel sens cette variation se fait sentir; et comme les expériences de Darcy, qui vont jusqu'au diamètre de $0{,}500\,m$ pour la fonte neuve, s'arrêtent au diamètre de $0{,}243\,m$ pour la fonte recouverte de dépôts, c'est à partir de ce dernier diamètre que ses formules doivent commencer à ne plus représenter exactement la véritable loi de l'écoulement dans les tuyaux.

(1) En général, on conserve la valeur de b_1 ci-dessus, et l'on écrit pour les *conduites recouvertes de dépôts :*

$$\frac{RI}{2} = b_1 U^2.$$

ou, comme M. Bresse :

$$\frac{1}{4} DI = b_1 U^2.$$

CHAPITRE III

APPLICATION PRATIQUE DES FORMULES DE M. MAURICE LEVY

Solution des principaux problèmes relatifs aux conduites d'eau.

Les tuyaux de conduite devant, tôt ou tard, se recouvrir de dépôts, c'est dans ce dernier cas que l'on doit se placer généralement, lorsqu'on a des conduites à établir ; cette observation a été faite par Darcy, et c'est dans cette hypothèse que M. Bresse a calculé ses tables, d'après la formule de cet expérimentateur. Aussi, nous servirons-nous de la deuxième formule de M. Maurice Lévy, que nous écrirons :

$$(a) \qquad U = \mu\sqrt{I}$$

en posant :

$$\mu = 20{,}5\sqrt{R(1 + 3\sqrt{R})}$$

μ ne dépend que du rayon du tuyau ; on peut donc en calculer à l'avance la valeur pour des rayons (ou plutôt pour des diamètres) déterminés.

Il est commode également d'avoir, pour chaque diamètre, la valeur de la quantité $\mu\omega$ que nous représenterons par β (1).

ω est la section du tuyau.

Nous parlerons bientôt d'une table donnant les valeurs de μ et de β pour différents diamètres.

Ajoutons encore l'équation :

$$(b) \qquad Q = \omega U = \frac{\pi D^2}{4}.U$$

Q étant le débit.

Les formules (a) et (b) donnent :

$$Q = \mu\omega\sqrt{I} = \beta\sqrt{I}.$$

Il nous est facile maintenant, au moyen des formules précédentes, de traiter les principaux problèmes relatifs aux conduites d'eau, de la même manière que M. Bresse les a traités avec la formule de Darcy.

(1) Cette quantité joue un rôle analogue à celle : $\frac{J}{Q^2}$ de M. Bresse, que Glaudel a déjà représentée par α.

Il entre dans ces problèmes quatre quantités :

D, I, U, Q.

Étant données deux de ces quantités, on peut, au moyen des deux formules distinctes (*a*) et (*b*) et de la quantité auxiliaire β, calculer les deux autres, ce qui donne lieu aux six problèmes suivants :

	Données.	Inconnues.
1.	D, I.	U, Q.
2.	D, U.	I, Q.
3.	D, Q.	I, U.
4.	I, U.	D, Q.
5.	I, Q.	D, U.
6.	U, Q.	D, I.

Solutions (1)

1. — La table donne μ, et on a : $U = \mu\sqrt{I}$; puis $Q = \omega U$; ou directement au moyen des données et de la table qui donne β : $Q = \beta\sqrt{I}$.

2. — La table donne μ, et on a : $\sqrt{I} = \frac{U}{\mu}$; puis $Q = \omega U$.

3. — La table donne β, et on a : $\sqrt{I} = \frac{Q}{\beta}$; puis $U = \frac{Q}{\omega}$.

4. — On a : $\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$, ce qui détermine D avec le secours de la table, puis $Q = \omega U$, ou directement : $Q = \beta\sqrt{I}$.

5. — On a : $\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$, ce qui détermine D au moyen de la table, puis $U = \mu\sqrt{I}$.

6. — On a : $\omega = \frac{Q}{U}$, ce qui détermine D au moyen de la table, car celle-ci contient une colonne des sections correspondant à chaque diamètre ; puis $\sqrt{I} = \frac{U}{\mu} = \frac{Q}{\beta}$.

Table numérique pour le calcul des conduites d'eau.

M. Maurice Lévy, dans son mémoire, a déjà inséré une petite

(1) Nous avons répété les formules à chaque solution, afin d'éviter toute recherche dans les applications.

table donnant, en regard de diverses valeurs de D (au nombre de 88), celles de ω, μ et β.

Nous avons calculé une nouvelle table qui figure à la suite de cette note, et dans laquelle nous avons fait entrer un nombre de diamètres suffisant (260) pour que l'on y trouve, à peu près à coup sûr, tous ceux qui se rencontrent dans la pratique ; nous avons cependant ajouté les différences premières des logarithmes des quantités μ et β, afin de faciliter l'interpolation linéaire en cas de besoin. Nous ferons remarquer, de plus, que nous avons fait croître les diamètres par quantités assez faibles pour qu'il ne soit nulle part nécessaire de se servir des différences secondes et de l'interpolation parabolique à laquelle M. Bresse a eu recours dans la table qu'il a calculée et insérée dans son cours de Mécanique appliquée ; l'exemple que nous donnons ci-après en fournit une preuve suffisante.

Enfin, nous avons prolongé notre table jusqu'au diamètre de 3,000 *m*, tandis que celle de M. Bresse s'arrête à celui de 1,200 *m* ; nous avons fait connaître précédemment les motifs de cette extension.

Les valeurs de μ et de β sont données avec 5 chiffres significatifs et comportent ainsi une approximation toujours supérieure à celle de la nature même du problème ; ces quantités ont été vérifiées au moyen des différences première et seconde, ainsi que leurs logarithmes ; aussi, espérons-nous que les erreurs possibles seront limitées à une unité sur la dernière décimale (1).

Comme dans la table de M. Bresse, la différence entre deux logarithmes consécutifs est portée en regard du premier de ces deux nombres. Ces différences, comme dans les tables de logarithmes usuelles, sont données abstraction faite des zéros ; il en résulte une réelle simplification dans la lecture, aussi bien que dans l'impression.

Les diamètres qui figurent dans la table sont les suivants :

De millimètre en millimètre, depuis 0,010 *m* jusqu'à 0,100 *m* ;

De 5 en 5 millimètres, depuis 0,100 *m* jusqu'à 0,500 *m* ;

De centimètre en centimètre, depuis 0,500 *m* jusqu'à 1,000 *m* ;

De 5 en 5 centimètres, depuis 1,000 *m* jusqu'à 3,000 *m*.

Des traits horizontaux distinguent les parties de la table correspondant à chacune de ces séries.

(1) Les différences, peu considérables d'ailleurs, que l'on pourra remarquer entre nos chiffres et ceux de la petite table de M. Maurice Lévy, proviennent sans doute des décimales négligées par cet auteur dans le cours des calculs, et qui ont influé quelque peu sur le résultat final.

Exemple pour l'emploi des tables.

Si l'on excepte les diamètres au-dessous de 0,020 *m*, pour lesquels, d'ailleurs, toutes les formules employées sont sujettes à caution, on remarquera que les plus grandes différences entre deux logarithmes consécutifs (partie décimale) ont lieu pour ceux de la quantité β, et n'excèdent pas 5 600 environ. Nous choisirons donc, comme exemple, le calcul de cette quantité pour $D = 1{,}03\,m$, dans une partie de la table où les différences ont la plus grande valeur. Le calcul direct donne :

$$\log \beta = 1{,}3377773. \qquad \beta = 21{,}76593.$$

L'emploi des tables, avec interpolation linéaire sur les logarithmes, conduit à :

$$\log \beta = 1{,}30349 + \frac{3}{5}.\ 0{,}05659 = 1{,}33744,$$

avec une approximation de $\frac{1}{4000}$ très suffisante dans tous les cas.

Si l'on avait opéré sur les nombres β, on aurait eu :

$$\beta = 20{,}114 + \frac{3}{5}.\ 2{,}799 = 21{,}794$$

avec une approximation de $\frac{1}{800}$ environ.

Problèmes secondaires relatifs aux conduites d'eau.

La plupart des problèmes que M. Bresse a traités dans son Cours de Mécanique appliquée (2e partie, chap. III), au moyen des formules de Darcy, peuvent se résoudre de la même manière, au moyen de celles de M. Maurice Lévy. Il en est deux, cependant, qui exigeraient une solution particulière.

Le premier consiste dans l'introduction de la condition du minimum de dépense en argent (n° 62 du même chapitre). M. Bresse a admis que le prix des tuyaux pouvait être regardé comme proportionnel à leur longueur et à leur diamètre, dans les limites qu'il a considérées ; mais, outre que la variation, d'après ses propres chif-

fres, est déjà notable à partir du diamètre de 0,50 *m*, il ne serait plus possible de conserver la même hypothèse, ni d'adopter une loi continue (comme l'a fait cet auteur au n° 66) au delà du diamètre de 1,10 *m*, car on aura le plus souvent recours à des conduites en tôle dont les conditions d'établissement changent notablement, et l'on se souvient que nous avons particulièrement en vue les grands diamètres. Aussi, n'avons-nous pas pensé qu'il fût utile de calculer la fonction analogue à celle φ (D), que M. Bresse a considérée et qu'il a fait figurer dans ses tables. Le problème en question pourra d'ailleurs toujours se résoudre par les procédés de tâtonnements ordinaires, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à une solution analytique qui, il faut bien l'avouer, est déjà par elle-même fort compliquée.

Le second problème que nous avons en vue est celui traité par M. Bresse au n° 52, c'est-à-dire l'établissement d'une relation approchée donnant directement le diamètre d'une conduite connaissant la pente et le débit. Cet auteur a établi, en partant des coefficients de Darcy, la formule :

$$D = 0{,}32 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{I}} + 0{,}004.$$

Nous avons cherché si l'on ne pourrait trouver, en prenant pour base la formule de M. Maurice Lévy, une relation de même forme, et nous sommes arrivé à la suivante :

$$D = 0{,}324 \left(\frac{Q}{\sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{8}}.$$

On voit que le terme constant est supprimé, et que le coefficient conserve presque la même valeur ; mais l'exposant de $\frac{Q}{\sqrt{I}}$ qui, dans la formule de M. Bresse, serait $\frac{2}{5} = 0{,}4$, est ici $\frac{3}{8} = 0{,}375$.

L'exposant fractionnaire ne présente pas d'inconvénient sérieux, cette formule, comme la précédente, devant forcément se résoudre au moyen des tables de logarithmes, ou d'un instrument en tenant lieu (1).

(1) La règle à calculs permet de calculer avec la plus grande facilité chacune de ces deux formules.

Le tableau suivant donnera une idée de l'approximation obtenue au moyen de cette formule, dans les limites de diamètres considérées :

VALEUR EXACTE du DIAMÈTRE	DIAMÈTRE obtenu PAR LA FORMULE	VALEUR EXACTE du DIAMÈTRE	DIAMÈTRE obtenu PAR LA FORMULE
0,010	0,011.1	0,300	0,301.6
0,020	0,021.6	0,400	0,400.7
0,030	0,031.9	0,500	0,500.1
0,040	0,042.2	1,000	0,998
0,050	0,052.3	1,500	1,500
0,100	0,102.6	2,000	2,003
0,150	0,152.4	2,500	2,510
0,200	0,202.2	3,000	3,016
0,250	0,251.8		

CHAPITRE IV

COMPARAISON DES FORMULES DE DARCY AVEC CELLES DE M. MAURICE LÉVY

Comparaison au point de vue expérimental.

Nous avons vu, dans la rapide analyse que nous avons présentée au chapitre II, que M. Maurice Lévy a vérifié les formules relatives aux tuyaux en fonte neuve et recouverte de dépôts, en montrant que les vitesses calculées reproduisent avec au moins autant de fidélité, si ce n'est davantage, les vitesses expérimentales, que celles obtenues par les formules de Darcy.

On nous permettra de présenter ici un autre mode de vérification qui, sans doute, porte sur un bien plus petit nombre de résultats, mais dont les chiffres n'en sont pas moins significatifs, car ces résultats constituent des moyennes calculées avec beaucoup de soin par Darcy.

Cet auteur a résumé ses expériences, comme nous l'avons déjà dit, dans la formule (1) :

$$RI = b_1 U^2.$$

b_1 ayant, pour la fonte neuve, la valeur :

$$b_1 = 0,000507 + \frac{0,00000647}{R}$$

et pour la fonte recouverte de dépôts, une valeur double, ce qui permet, dans ce dernier cas, le plus fréquent en pratique, d'écrire sa formule :

$$\frac{RI}{2} = b_1 U^2$$

b_1 ayant précisément la valeur ci-dessus.

Nous montrerons bientôt le degré de confiance que l'on peut accorder au rapport 2, supposé exister ainsi entre les coefficients relatifs aux deux natures de conduites.

D'un autre côté, les expériences de Darcy ont porté sur les conduites neuves, celles recouvertes de dépôts, et celles nettoyées. Nous

(1) Nous écartons le cas des vitesses très faibles pour lequel Darcy a établi une formule spéciale, et celui des tuyaux de très petit diamètre, dans lesquels l'écoulement est régi par des lois particulières.

n'insisterons pas sur ces dernières, les deux premières étant les seules dont l'état de la surface soit parfaitement défini. Ce savant expérimentateur a calculé, avec le soin qui caractérise toutes ses déterminations numériques, la moyenne du coefficient b_1 applicable à chacun des diamètres soumis à l'expérience, et il a trouvé les nombres que nous reproduisons dans le tableau ci-dessous. A côté de ces nombres nous avons porté ceux donnés par sa formule. L'auteur fait observer que le plus grand écart, celui relatif au tuyau de 0,137 *m* provient de ce que ce tuyau sortait de la fonderie et présentait un remarquable degré de poli.

Quant aux tuyaux nettoyés, il est clair que les coefficients qu'ils fournissent doivent être supérieurs à ceux convenant à la fonte neuve. Darcy fait encore remarquer que le tuyau de 0,297 *m* était nettoyé avec soin.

Nous pouvons maintenant mettre la formule de M. Maurice Lévy sous une forme qui rende la comparaison facile avec celle de Darcy. En effet, cette formule est :

$$U = \mu \sqrt{I}$$

d'où :

$$I = \frac{U^2}{\mu^2}$$

et, en multipliant par R :

$$RI = \frac{R}{\mu^2} U^2.$$

Ainsi, c'est la quantité $\frac{R}{\mu^2}$ qui, dans la formule de M. Maurice Lévy, joue le rôle de b_1 dans celle de Darcy; la comparaison doit donc porter sur ces deux quantités. Or, la valeur de μ est :

Fonte neuve : $\mu = 36{,}4 \sqrt{R(1 + \sqrt{R})}$

Fonte chargée de dépôts : $\mu = 20{,}5 \sqrt{R(1 + 3\sqrt{R})}$

Nous nous permettrons d'ajouter à ces deux formules, à titre de comparaison et sans insister sur sa valeur, la suivante, que nous avons établie pour la fonte nettoyée, dans la même forme que les deux précédentes :

Fonte nettoyée : $\mu = 32{,}5 \sqrt{R(1 + \sqrt{R})}$

On conclut de là, pour les valeurs du rapport $\frac{R}{\mu^2}$:

Fonte neuve : $\dfrac{0{,}000755}{1+\sqrt{R}}$

Fonte chargée de dépôts : $\dfrac{0{,}00238}{1+3\sqrt{R}}$

Fonte nettoyée : $\dfrac{0{,}000947}{1+\sqrt{R}}$

Nous avons maintenant les éléments nécessaires pour former le tableau comparatif suivant :

NATURE DES CONDUITES	DIAMÈTRES	b_1 expérimental	b_1 Darcy	$\frac{R}{\mu^2}$ Maurice Lévy	OBSERVATIONS
FONTE NEUVE	0,0819	0,000695	0,000665	0,000627	
	0,137	0,000553	0,000601	0,000598	Tuyau présentant un remarquable degré de poli.
	0,188	0,000584	0,000576	0,000578	
	0,500	0,000509	0,000533	0,000503	
FONTE CHARGÉE DE DÉPÔTS	0,0359	0,001873	0,001734	0,001698	
	0,0795	0,001472	0,001340	0,001490	
	0,2432	0,001168	0,001120	0,001163	
FONTE NETTOYÉE	0,0364	0,000751	0,000862	0,000834	
	0,0801	0,000792	0,000669	0,000789	
	0,2447	0,000702	0,000560	0,000702	
	0,297	0,000612	0,000547	0,000684	Tuyau nettoyé avec soin.

On voit par ce tableau combien les chiffres de M. Maurice Lévy, et même ceux que nous donnons pour la fonte nettoyée, se rapprochent davantage de la loi réelle que ceux de Darcy, surtout vers les grands diamètres, et c'est précisément dans ce sens qu'il importe le plus de connaître la loi de décroissance du coefficient.

Les écarts relatifs au tuyau de 0,137 et à celui de 0,297 sont bien dans le sens prévu, et s'expliquent par ce qui a été dit plus haut.

Nous avons pensé que cette vérification directe sur la moyenne des résultats n'était pas inutile pour montrer que, même en dehors de toute autre considération, les formules nouvelles peuvent être en toute sécurité, et avec avantage, substituées à celles de Darcy, particulièrement pour les grands diamètres.

Comparaison au point de vue analytique.

Nous avons vu que la loi qui lie les vitesses et les pentes aux rayons des conduites est représentée, suivant Darcy, par la formule:

$$RI = b_1 U^2$$

et, suivant M. Maurice Lévy, par la formule :

$$U' = \mu \sqrt{I}$$

La quantité U étant ici accentuée, afin d'éviter toute confusion.

Nous nous proposons maintenant de rechercher comment varie le rapport $\frac{U'}{U}$ dans toute l'étendue de l'échelle des diamètres.

Nous considérons d'abord, en vue de simplifier les calculs, le rapport $\frac{U'^2}{U^2}$, qui a pour valeur :

$$\frac{U'^2}{U^2} = \frac{\mu^2 b_1}{R}$$

et nous chercherons la variation numérique de ce rapport dans le cas des conduites neuves et dans le cas de celles chargées de dépôt.

1° Conduites en fonte neuve.

La substitution des valeurs numériques donne :

$$\frac{U'^2}{U^2} = 1325\,(1+\sqrt{R})\left(0{,}000507 + \frac{0{,}00000647}{R}\right)$$

$$= 0{,}671775\sqrt{R} + 0{,}671775 + \frac{0{,}00857275}{\sqrt{R}} + \frac{0{,}00857275}{R}$$

Expression de la forme :

$$y = a\sqrt{x} + a + \frac{b}{\sqrt{x}} + \frac{b}{x}$$

On voit facilement que le rapport y est ∞ pour $x = 0$, ainsi que pour $x = \infty$. Il passe par un minimum dans cet intervalle; en effet, on a :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\sqrt{x}}\left(\frac{a}{2} - \frac{b}{2x} - \frac{b}{x\sqrt{x}}\right)$$

Cette dérivée égalée à 0 donne (en écartant la solution $\frac{1}{\sqrt{x}} = 0$

qui montre que la courbe se rapproche indéfiniment du parallélisme à l'axe des x) :

$$\frac{a}{2} - \frac{b}{2x} - \frac{b}{x\sqrt{x}} = 0$$

Pour résoudre cette équation, posons $\sqrt{x} = z$; nous arrivons à :

$$z^3 - \frac{b}{a}z - \frac{2b}{a} = 0$$

La substitution de coefficients numériques montre que cette équation n'a qu'une seule racine réelle et positive ; on peut donc la résoudre par la formule de Cardan ; on en tire :

$$z = 0{,}30886$$

d'où : $$x = z^2 = 0{,}095394$$

La valeur correspondante de y est :

$$y = \frac{U'^2}{U^2} = 0{,}99687$$

Ainsi le minimum du rapport $\frac{U'}{U}$ est :

$$\frac{U'}{U} = \sqrt{y} = 0{,}99845$$

correspondant au diamètre de conduite : $D = 2x = 0{,}190.8$.

On voit donc que ce rapport, de même que y, passe deux fois par la valeur 1 entre $x = 0$ et $x = +\infty$. Il suffit de poser :

$$a\sqrt{x} + a + \frac{b}{\sqrt{x}} + \frac{b}{x} = 1$$

ou, en posant toujours $\sqrt{x} = z$:

$$az^3 - (1-a)z^2 + bz + b = 0$$

En mettant cette équation sous la forme :

$$(1+z)\left(a + \frac{b}{z^2}\right) = 1$$

qui est d'ailleurs la forme primitive du rapport, on en tire facilement, par la substitution des valeurs numériques des coefficients, et en employant les méthodes d'approximation connues, la valeur de l'une des racines.

$$z_1 = 0{,}2795.$$

L'équation s'abaisse alors au second degré et donne immédiatement la seconde racine positive :

$$z_2 = 0{,}3425.$$

Les valeurs correspondantes de x et de D sont :

$$x_1 = z_1^2 = 0{,}07812, \qquad D = 0{,}156.2;$$
$$x_2 = z_2^2 = 0{,}11729, \qquad D = 0{,}234.6$$

Ainsi, pour les deux diamètres ci-dessus, les deux formules donnent les mêmes valeurs pour la vitesse; dans l'intervalle, U' est légèrement inférieur à U; et pour les valeurs de D en dehors de cet intervalle, U' est toujours supérieur à U.

La pl. 156, fig. 1, donne la courbe des valeurs $\frac{U'}{U}$ en fonction de D; cette courbe est tracée en traits interrompus. On voit que ce rapport s'élève à 1,20 pour D = 2,500 *m*.

2° *Conduites chargées de dépôt.*

La formule de Darcy s'appliquant aux conduites chargées de dépôts en doublant le coefficient b_1, on a :

$$\frac{U'^2}{U^2} = \frac{2\mu^2 b_1}{R}$$

ou, en substituant les valeurs numériques,

$$\frac{U'^2}{U^2} = 840{,}5\,(1 + 3\sqrt{R})\left(0{,}000507 + \frac{0{,}00000647}{R}\right)$$
$$= 3 \times 0{,}426134\sqrt{R} + 0{,}426134 + \frac{3 \times 0{,}005438}{\sqrt{R}} + \frac{0{,}005438}{R}$$

Expression de la forme :

$$y = 3a\sqrt{x} + a + \frac{3b}{\sqrt{x}} + \frac{b}{x}$$

Cette nouvelle fonction admet, comme la première, des valeurs infinies pour $x = 0$ et $x = \infty$; elle passe également par un minimum dans cet intervalle; on l'obtient en posant :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\sqrt{x}}\left(\frac{3a}{2} - \frac{3b}{2x} - \frac{b}{x\sqrt{x}}\right) = 0.$$

En posant $\sqrt{x} = z$, on arrive à :

$$z^3 - \frac{b}{a}z - \frac{2b}{3a} = 0.$$

Cette équation, résolue par la formule de Cardan, donne :

$$z = 0{,}22492$$

d'où : $x = z^2 = 0{,}05059$

et enfin : $D = 2x = 0{,}101.2$

La valeur correspondante de y est :

$$y = 0{,}89369$$

d'où :

$$\frac{U'}{U} = \sqrt{y} = 0{,}94535.$$

On voit donc que ce rapport, ainsi que y, passe deux fois par la valeur 1 entre $x = 0$ et $x = +\infty$. Il suffit de poser :

$$3a\sqrt{x} + a + \frac{3b}{\sqrt{x}} + \frac{b}{x} = 1.$$

Équation qui, en posant $\sqrt{x} = z$, se ramène à la forme :

$$(1 + 3z)\left(a + \frac{b}{z^2}\right) = 1.$$

On trouve facilement par approximations successives l'une des racines qui est :

$$z_1 = 0{,}13974$$

L'équation s'abaisse au second degré, et on en tire immédiatement la seconde racine positive :

$$z_2 = 0{,}38768$$

De là, on déduit :

$$x_1 = z_1^2 = 0{,}01953 \qquad D = 0{,}039.1$$
$$x_2 = z_2^2 = 0{,}15030 \qquad D = 0{,}300.6$$

Dans cet intervalle, le rapport $\frac{U'}{U}$ est inférieur à l'unité, et en dehors il est constamment supérieur à cette valeur.

La pl. 156, fig. 1 donne la courbe des valeurs $\frac{U'}{U}$ en fonction de D. Cette courbe est tracée en un trait plein. On voit que ce rapport atteint la valeur 1,37 pour D = 2,500 *m*.

La formule de M. Maurice Lévy donne donc, dans ce dernier cas, une valeur de U, et par suite de Q, supérieure de plus de $\frac{1}{3}$ à celle fournie par l'application de la formule de Darcy. Cette différence importante mériterait d'être directement contrôlée par l'expérience, car elle est de nature à influer, d'une façon sensible, sur les conditions d'établissement des conduites d'eau. Notre conviction, pour les motifs énoncés plus haut, est que cette vérification expérimentale ne pourrait qu'être favorable aux résultats établis par M. Maurice Lévy. Nous essaierons plus loin, par un exemple, d'en faire pressentir la démonstration pratique.

Comparaison des deux méthodes au point de vue du rapport entre le frottement dans les deux natures de conduites (1).

Darcy, comme nous l'avons déjà dit, a admis que, pour une conduite de diamètre et de pente donnés, le coefficient qui affecte le carré de la vitesse dans la formule :

$$RI = b_1 U^2$$

a, pour le cas où cette conduite est recouverte de dépôts, une valeur double de celle correspondant au cas où elle est en fonte neuve.

D'après la théorie de M. Maurice Lévy, ce rapport n'est pas constant; car on a d'après lui :

$$RI = \frac{R}{\mu^2} U^2$$

On voit donc que le rapport en question sera représenté par celui des valeurs de la quantité $\frac{R}{\mu^2}$ dans les conduites recouvertes de dépôts, et dans celles en fonte neuve; or on a, dans chacun de ces deux cas :

$$\mu^2 = 420{,}25\ R\ (1 + 3\sqrt{R})$$
$$\mu^2 = 1325\ R\ (1 + \sqrt{R})$$

Le rapport cherché a donc pour expression :

$$\frac{1325\ (1+\sqrt{R})}{420{,}25\ (1+3\sqrt{R})} = 3{,}153\ \frac{1+\sqrt{R}}{1+3\sqrt{R}}$$

Il a deux limites :
celle de 3,153 pour $R = 0$
et celle de $\frac{1}{3}$. 3,153 = 1,051 pour $R = \infty$.

Il n'y a qu'un seul diamètre pour lequel ce rapport acquiert la valeur 2. On l'obtient en posant :

$$3{,}153\ \frac{1+\sqrt{R}}{1+3\sqrt{R}} = 2.$$

d'où :

$$R = 0{,}164 \qquad \text{et } D = 0{,}328.$$

(1) M. Maurice Lévy, dans son mémoire, a présenté cette comparaison d'une manière un peu différente.

Le tableau suivant résume ces valeurs, en donnant pour ce rapport quelques valeurs intermédiaires :

D = 0	rapport = 3,153
0,01	2,785
0,10	2,309
0,328	2,000
0,50	1,892
1,00	1,724
1,50	1,635
2,00	1,576
3,00	1,501
∞	1,051

D'ailleurs, le fait que le rapport précité doit être inférieur à 2 pour les grands diamètres a déjà été signalé par M. Bresse :

« En réalité, dit cet auteur (1), M. Darcy a déterminé ses coefficients pour les tuyaux en fonte neuve; il a ensuite admis (peut-être sur la foi d'un trop petit nombre d'expériences), que l'existence de dépôts dans les tuyaux de nature quelconque devait faire doubler ce coefficient... »

Ailleurs (2), il dit encore :

« En réalité, M. Darcy a recherché avec beaucoup de soin la valeur de b_1 pour les tuyaux en fonte neuve; puis il a admis, d'après un très petit nombre d'expériences, que b_1 devait être doublé quand les tuyaux ont un certain temps d'usage. Cela pouvait être vrai en particulier pour les diamètres sur lesquels opérait M. Darcy dans ses expériences sur les vieux tuyaux ; mais la vérité résultait probablement d'une compensation d'erreurs... La règle de M. Darcy n'est donc pas complètement exacte; elle réussit suffisamment bien pour les diamètres ordinaires, *mais il paraît qu'elle exagère les résultats pour les grands diamètres.* »

Les lignes qui précèdent, de M. Bresse, nous paraissent être une confirmation remarquable des déductions de M. Maurice Lévy sur cette question.

(1) *Cours de Mécanique appliquée;* t. II, remarque de la page 139.
(2) Même volume, page 240.

CHAPITRE V

REVUE SUCCINCTE DE QUELQUES THÉORIES RELATIVES A L'ÉCOULEMENT DE L'EAU DANS LES TUYAUX

Théorie de M. Boussinesq.

Un très important mémoire de M. Boussinesq sur la « Théorie des eaux courantes », résumant les divers travaux que l'auteur avait publiés depuis plusieurs années sur cette question, a été présenté à l'Académie des Sciences en 1872, et, sur un rapport favorable de M. de Saint-Venant, imprimé dans le « Recueil des mémoires présentés à l'Institut par divers savants » (1).

M. Boussinesq, dans ce remarquable travail, s'est particulièrement proposé d'étudier la nature intime et les diverses conséquences des frottements qui prennent naissance au sein d'une masse liquide en mouvement, ainsi que de rechercher la forme des équations qui pourraient le mieux représenter les conditions réelles de ce mouvement; et cela, en tenant compte du non-parallélisme des filets et surtout de l'agitation intérieure qui en est la conséquence. Disons de suite que, dans cette recherche, l'auteur a eu surtout en vue l'étude des faits relatifs au *mouvement varié* dans les *eaux courantes*; le mouvement uniforme dans les tuyaux de conduite n'en constitue qu'une partie accessoire, à titre d'application particulière; les coefficients qui y figurent ne sont que des coefficients moyens; l'auteur en indique bien les valeurs numériques, mais c'est d'abord comme vérification expérimentale de ses formules; et ensuite, il prend soin d'ajouter que les « données expérimentales... permettent d'obtenir ce qu'on peut appeler les *valeurs moyennes* des deux coefficients qui caractérisent, l'un le frottement intérieur, l'autre, le frottement extérieur, valeurs suffisantes pour le calcul des petits termes correctifs qui entrent dans l'équation du mouvement graduellement varié... ». Or, ce que nous cherchons, c'est précisément la variation de ces coefficients avec la grandeur des sections ; on conçoit alors que nous ne trouvions, dans la partie de l'étude de M. Boussinesq relative au mouvement uniforme, que des données insuffisantes pour résoudre la question qui

(1) Tome XXIII du Recueil.

nous occupe et comparer les résultats qui seraient obtenus par cette méthode à ceux que la théorie de M. Maurice Lévy permet d'établir.

Néanmoins, le vaste travail de M. Boussinesq peut nous fournir quelques renseignements intéressants, particulièrement au point de vue de la répartition des vitesses dans une même section transversale; aussi, croyons-nous devoir, en quelques mots, faire connaître les idées de l'auteur sur ce sujet (1).

M. Boussinesq, comme M. Maurice Lévy, considère deux sortes de frottements : les *frottements intérieurs*, provenant de l'action réciproque des filets liquides voisins, et les *frottements extérieurs* qui se développent au contact de la paroi. Les premiers sont caractérisés par un coefficient particulier, dépendant d'une quantité A; les seconds sont proportionnels au carré de la vitesse à la paroi, et le coefficient de proportionnalité est B. Ces coefficients peuvent varier dans certaines limites avec les éléments de la section, et le dernier aussi, bien entendu, avec l'état de rugosité des parois.

Dans le cas particulier du régime uniforme, les deux équations auxquelles l'auteur a été conduit par ces considérations sont :

$$(a) \qquad AR^2W\frac{dv}{dr} + Ir^2 = 0;$$

$$(b) \qquad \frac{RI}{2} = BW^2.$$

Dans ces équations, v représente la vitesse des filets situés sur le cylindre de rayon r; W est la vitesse à la paroi, et R le rayon du tuyau.

De ces deux équations, on tire par une intégration :

$$(c) \qquad \frac{v}{W} = 1 + \frac{2B}{3A}\left(1 - \frac{r^3}{R^3}\right).$$

On peut, au moyen de cette relation entre v et r, déterminer la vitesse moyenne par des considérations connues, ce qui donne :

$$(d) \qquad \frac{U}{W} = 1 + \frac{2B}{5A}.$$

Si, dans la formule (b), on remplace W par sa valeur tirée de (d), il vient :

$$(e) \qquad \frac{RI}{2} = \frac{B}{\left(1 + \frac{2B}{5A}\right)^2}U^2 = b_1U^2.$$

(1) Le mémoire déjà cité de M. de Saint-Venant : « Des diverses manières de poser les équations du mouvement varié des eaux courantes », peut être considéré dans son ensemble, comme un résumé des idées principales contenues dans le travail de M. Boussinesq.

en posant :

$$b_1 = \frac{B}{\left(1 + \frac{2B}{5A}\right)^2}.$$

Des formules précédentes, M. Boussinesq tire encore :

$$(f) \qquad \frac{v}{U} = 1 + m_1 - \frac{5}{2} m_1 \frac{r^3}{R^3};$$

$$(g) \qquad v = V - c_1 \sqrt{\frac{RI}{2}} \frac{r^3}{R^3};$$

$$(h) \qquad \frac{V}{U} = 1 + m_1.$$

V désignant la vitesse du filet central, c'est-à-dire le maximum de v correspondant à $r = 0$, et en posant, en outre :

$$c_1 = \frac{2B}{3A} \frac{1}{\sqrt{B}}, \qquad m_1 = \frac{2}{3} \frac{\frac{2B}{5A}}{1 + \frac{2B}{5A}} = \frac{2}{5} c_1 \sqrt{b_1}.$$

Dans l'équation (*e*) on reconnaît la formule du mouvement de l'eau dans les conduites telle que Darcy l'a adoptée ; mais ce dernier auteur a, de plus, indiqué d'après ses expériences la variation de b_1 avec le diamètre des tuyaux.

M. Boussinesq est arrivé à exprimer le coefficient b_1 en fonction des frottements élémentaires intérieurs et extérieurs caractérisés par les quantités A et B ; mais il s'est contenté d'indiquer les *valeurs moyennes* que prennent ces quantités dans les tuyaux ou dans les canaux, sans faire entrer en ligne de compte leurs variations avec la grandeur des sections ou la nature des parois.

Ainsi, il admet que le coefficient b_1 qui affecte le carré de la vitesse moyenne dans la formule monôme de l'écoulement dans les canaux a pour valeur *moyenne*, comme dans la formule de Tadini, $b = 0{,}0004$.

Admettant ensuite la valeur expérimentale déduite des résultats obtenus par M. Bazin sur les canaux demi-circulaires : $c_1 = 29{,}70$, il en déduit :

$$A = 0{,}00064, \qquad B = 0{,}00081 ;$$

d'où :

$$\frac{B}{A} = 1{,}2656$$

et :

$$b_1 = 0{,}0003571.$$

Il fait observer alors que la valeur de b_1 ainsi calculée est à peu près équivalente à la *moyenne* des valeurs que l'observation a indiquées pour ce coefficient :

« Prony, d'Aubuisson ont été conduits, pour le cas des tuyaux circulaires, à des formules qui reviennent presque, dans des limites étendues, à poser $b_1 = 0{,}00036$.... M. Darcy a trouvé, pour des conduites en fer étiré et en fonte lisse, dont les rayons ont varié de 0,006 à 0,25 :

$$b_1 = 0{,}0002535 \left(1 + 0{,}00638 \frac{2}{R}\right).$$

et une valeur à peu près double pour les mêmes tuyaux rendus rugueux par de légers dépôts. La *moyenne* de ces deux valeurs s'écarte peu, quand R est un peu grand, de celle 0,00036 que nous avons indiquée plus haut comme représentant assez bien d'anciennes expériences. »

La vérification signalée ici par M. Boussinesq peut être, en effet, une remarquable confirmation de l'exactitude de ses vues sur la part qui revient, dans le coefficient b_1, à chacune des deux espèces de frottement auxquelles le liquide est soumis ; mais on reconnaîtra aussi que la seule indication d'une *valeur moyenne* pour ce coefficient ne nous apprend rien sur sa variation avec la grandeur des sections, et c'est là précisément le problème que nous avions en vue.

Distribution des vitesses dans une section transversale.

Les formules de M. Boussinesq nous apportent cependant, au point de vue de la distribution des vitesses dans les courants, des faits intéressants que nous croyons devoir exposer avec quelques détails, en montrant quelles sont les déductions que l'on en peut tirer à ce point de vue, et les comparant à celles de Darcy et de M. Maurice Lévy.

La formule (*c*), appliquée au filet central, donne :

$$\frac{V}{W} = 1 + \frac{2B}{3A}$$

d'où :

$$\frac{V - W}{W} = \frac{2B}{3A}$$

Si l'on élimine $\frac{RI}{2}$ entre (*b*) et (*g*), il vient :

$$\frac{V - v}{W} = \frac{2B}{3A} \frac{r^3}{R^3}$$

Cette équation, combinée avec la précédente, donne :

$$\frac{V - v}{V - W} = \frac{r^3}{R^3}$$

ou, sous une autre forme :

$$v = V - (V - W)\left(\frac{r}{R}\right)^3$$

Les vitesses doivent donc décroître, à partir de l'axe, comme les ordonnées d'une *parabole du troisième degré* dont le sommet serait placé sur le filet central. Ce résultat avait déjà été indiqué par M. de Saint-Venant dans le mémoire précité, et nous avons suivi, pour le mettre en évidence, la marche indiquée par M. Bresse dans son cours de Mécanique (vol. II, chap. III). Ce dernier auteur a montré que la distribution des vitesses, d'après la loi hypothétique de Navier, est représentée par une équation semblable à celle ci-dessus, sauf que le rapport $\frac{r}{R}$ y entre au carré ; de sorte que la décroissance des vitesses aurait lieu, à partir de l'axe, suivant les ordonnées d'une *parabole du second degré*. Il a montré également que cette parabole serait du degré $\frac{3}{2}$ si l'on admettait, comme Darcy a cru pouvoir le déduire de ses observations, que le frottement entre deux filets contigus est proportionnel au carré de leur vitesse relative. M. Maurice Lévy, comme nous le savons, a démontré l'impossibilité de cette loi, et M. Bresse, d'un autre côté, fait des réserves sur l'exposant $\frac{3}{2}$ adopté par Darcy, en donnant les motifs qui lui font regarder cette détermination comme *au moins douteuse*.

Il nous paraît utile de mettre les équations de M. Maurice Lévy, relatives à la distribution des vitesses dans une section d'un tuyau sous une forme qui permette de les comparer aux précédentes.

A cet effet, reprenons la formule :

$$V^2 - v^2 = a\, I\, r^{\frac{3}{2}}$$

qui, appliquée aux filets contre la paroi, donne :

$$V^2 - W^2 = a I R^{\frac{3}{2}}$$

On en déduit :

$$\frac{V^2 - v^2}{V^2 - W^2} = \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Ou, sous la forme déjà adoptée :

$$v^2 = V^2 - (V^2 - W^2)\left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Ici, nous retrouvons l'exposant $\frac{3}{2}$ de Darcy, caractéristique de la parabole réprésentative de la distribution des vitesses ; mais ce sont *les carrés des vitesses* et non leurs premières puissances qui doivent être prises comme ordonnées de cette parabole. Ce résultat est conforme à celui que M. Maurice Lévy avait déjà indiqué, dans la relation entre les trois vitesses V, U, W, qui est exactement de même forme que celle de Darcy, sauf que les vitesses y figurent au second degré, au lieu d'y entrer au premier. L'analogie de forme est donc la seule qui existe entre les résultats trouvés par ces deux auteurs ; et, si les formules du premier sont confirmées par les observations directes du second, c'est, comme nous l'avons déjà dit, que les valeurs de W sont notablement différentes dans les deux cas, et l'on sait que ces valeurs n'ont pas été déterminées expérimentalement.

Filet animé de la vitesse moyenne. On sait que, d'après la loi de Darcy, la valeur r' de r qui donne $v = U$ se déduit de :

$$\left(\frac{r'}{R}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{4}{7}$$

d'où :

$$\frac{r'}{R} = \left(\frac{4}{7}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}689.$$

La formule de M. Maurice Lévy conduit, comme on l'a vu, identiquement au même résultat.

M. Bresse a montré que suivant l'hypothèse de Navier, on aurait :

$$\frac{r'}{R} = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0{,}707.$$

Enfin, d'après les formules de M. Boussinesq, on devrait poser dans la formule (f) : $v = U$, d'où :

$$\left(\frac{r'}{R}\right)^3 = \frac{2}{5}$$

ou :

$$\frac{r'}{R} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}} = 0{,}737$$

Enfin les rapports des diverses vitesses peuvent s'exprimer numé-

riquement en adoptant les *valeurs moyennes* que M. Boussinesq attribue à ses coefficients. On trouve ainsi :

$$\frac{v}{W} = 1 + 0{,}844\left(1 - \frac{r^3}{R^3}\right) = 1{,}844 - 0{,}844\,\frac{r^3}{R^3}$$

$$\frac{U}{W} = 1{,}506$$

$$\frac{v}{U} = 1{,}224 - 0{,}56\,\frac{r^3}{R^3}$$

$$v = V - 29{,}65\sqrt{\frac{RI}{2}}\,\frac{r^3}{R^3}$$

$$\frac{V}{U} = 1{,}224$$

$$\frac{V}{W} = 1{,}844$$

On tirerait encore de ces rapports :

$$U^2 = 1{,}230\ VW$$

Relation qui doit être mise en parallèle avec les suivantes :

D'après l'hypothèse de Navier :

$$U = \frac{1}{2}(V + W)$$

d'après Darcy :

$$U = \frac{3V + 4W}{7}$$

Enfin, d'après M. Maurice Lévy :

$$U^2 = \frac{3V^2 + 4W^2}{7}$$

Au reste, les valeurs numériques des rapports ci-dessus, déduites des formules de M. Boussinesq, ne présentent qu'un intérêt secondaire, car elles varient avec celles de A et de B, qui ne sont pas eux-mêmes avec des coefficients constants.

M. Bresse a d'ailleurs montré comment les grandeurs relatives des vitesses U, V, W, pourraient être déterminées, en admettant les coefficients élémentaires *moyens* donnés par Darcy, il arrive ainsi à des expressions qui ont une certaine analogie avec celles de M. Boussinesq ; mais il ajoute :

« L'invariabilité de ces rapports constituerait un fait heureux pour la facilité des calculs pratiques... malheureusement les expériences de M. Darcy ne confirment pas ce résultat. »

A la suite de son mémoire, M. Boussinesq a ajouté des notes supplémentaires, sous le titre : « Additions et Éclaircissements ». Au § 2 de ces notes, il donne quelques aperçus sur la variation du coefficient b', relatif aux canaux découverts, avec la vitesse et le rayon moyen, dans le cas du régime uniforme.

Ces considérations pouvant, dans une certaine mesure, s'appliquer aux tuyaux de conduite, nous pensons devoir les rappeler en quelques mots.

M. Boussinesq s'appuie sur ce fait que le coefficient b' est sensiblement constant dans les grandes sections, où ce qui revient au même, proportionnel à :

$$\left(\frac{\omega}{\chi}\right)^{o} U^{o}$$

D'un autre côté, les expériences de Poiseuille, sur des tubes de très petit diamètre, ont montré que b' est inversement proportionnel à U et à $\frac{\omega}{\chi}$, ou proportionnel à :

$$\left(\frac{\omega}{\chi}\right)^{-1} U^{-1}$$

M. Boussinesq en conclut que le coefficient b' peut être exprimé par la formule empirique :

$$b' = K \left(\frac{\omega}{\chi}\right)^{-m} U^{-n}$$

m et n pouvant varier entre les limites extrêmes 0 et 1, et K désignant une constante convenablement choisie. Il pense, en outre, que l'on pourrait se borner à considérer trois couples de valeurs pour les exposants m et n, à la condition de donner à la constante K une valeur convenable dans chacun de ces trois cas :

Dans le premier, correspondant aux très petites sections, on prendrait $m = 1$, $n = 1$, ce qui donnerait :

$$b' = K \frac{\chi}{\omega} \frac{1}{U}$$

Dans le second cas, où le rayon moyen serait compris entre $\frac{1}{2}$ centimètre et $\frac{1}{2}$ décimètre, on aurait $m = \frac{1}{2}$ $n = \frac{1}{2}$, d'où :

$$b' = K \sqrt{\frac{\chi}{\omega} \frac{1}{U}}$$

Enfin, dans le troisième cas, s'étendant à presque toute l'hydraulique pratique, on prendrait $m = 0{,}2$, à $0{,}3$ et $n = 0$, lorsque le rayon moyen n'atteint pas 2 mètres. Pour les très grandes sections, on ferait $m = 0$, $n = 0$.

Si l'on voulait appliquer les considérations qui précèdent aux tuyaux circulaires, on serait amené à se placer dans le troisième cas considéré par l'auteur, et, dans les limites de section dans lesquelles sont généralement compris ces tuyaux, on pourrait adopter la valeur $m = 0{,}2$, qui paraît le mieux convenir aux résultats des expériences; on en conclurait alors que le coefficient b_1 serait inversement proportionnel à la racine cinquième du rayon, ou :

$$b_1 = K \frac{1}{\sqrt[5]{R}}$$

La planche 156, fig. 2 donne le tracé de la courbe correspondante dans l'hypothèse où l'on ferait $K = 0{,}00077$; nous nous hâtons d'ajouter que cette courbe n'est donnée qu'à titre d'exemple, car rien n'est moins certain que l'exactitude de la formule empirique dont elle a été déduite.

D'ailleurs, suivant l'opinion de M. Bazin, que nous reproduisons plus loin, les formules monômes à exposants simples se prêtent assez mal à la représentation rigoureuse des phénomènes.

Ces considérations de M. Boussinesq sont intéressantes sans doute comme vue d'ensemble sur la manière dont on pourrait concevoir la variation du coefficient b dans l'immense étendue de l'échelle des vitesses et des sections fluides; mais on comprend qu'elles ne serrent pas d'assez près les résultats des faits expérimentaux pour qu'on puisse en déduire une formule s'appliquant avec sécurité au calcul des tuyaux circulaires, même dans les limites d'approximation exigées par la pratique.

Théorie de M. P. Boileau.

Les comptes rendus de l'Académie des sciences, années 1876-77-78, contiennent diverses notes de M. P. Boileau, ayant surtout pour objet de déterminer les relations qui lient entre eux les éléments à considérer dans le mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite.

Les principales déductions développées dans ces notes prennent leur point de départ dans la remarque suivante :

« Pour déduire, dit l'auteur, quelques notions plus certaines des expériences dont il s'agit (celles de Darcy), les seules que l'on connaisse au sujet des mouvements des nappes fluides dans les tuyaux à section circulaire, j'ai considéré les quotients U des débits des courants dans l'unité de temps par l'aire de leur section plane transversale, quotients que les hydrauliciens nomment *vitesses moyennes*, et les valeurs des vitesses V données par M. Darcy sur des lieux géométriques tracés avec soin ; ces valeurs, étant des maxima, présentent une grande probabilité d'exactitude, et celles de U ayant été obtenues au moyen d'un bassin de jaugeage solidement construit, sont au moins aussi sûres.

« *Première propriété.* — J'ai reconnu que le rapport $\frac{V-U}{\sqrt{I}}$ est constant pour un même tuyau, et que d'une conduite à l'autre il augmente avec le diamètre. Les quantités V, U, I et R variant entre des limites étendues, les résultats du calcul ne laissent aucun doute à cet égard. »

M. P. Boileau donne ensuite les résultats obtenus sur les tuyaux de 0,188 *m* et de 0,500 *m* pour les quotients $\frac{V-U}{\sqrt{I}}$. La constance de ces quotients relatifs à chaque diamètre se vérifie en effet, mais avec une exactitude tellement mathématique qu'il est permis de s'en étonner et de rechercher la cause de cette précision inusitée dans les résultats de cette nature ; cette cause, la voici :

Les vitesses V que M. P. Boileau introduit dans son calcul « sont données, dit-il, par M. Darcy *sur des lieux géométriques tracés avec soin* » ; or, si l'on se reporte à l'ouvrage de Darcy (page 133), on verra que ces valeurs de V, portées sur les courbes de la pl. XI de son atlas, sont précisément celles qui résultent du calcul de l'expression :

$$V - U = \frac{4}{7} K \sqrt{RI},$$

K ayant pour chaque conduite une valeur particulière, que Darcy a calculée de plusieurs manières, et pour laquelle il adopte (page 154) les nombres suivants :

Diamètres. .	0,188	0,2432	0,2447	0,297	0,500
K	11,253	11,654	10,869	10,689	13,224

De la formule ci-dessus adoptée par Darcy, on tire :

$$\frac{V - U}{\sqrt{I}} = \frac{4}{7} K \sqrt{R}.$$

or, K ayant une valeur constante pour chaque diamètre, il est de toute évidence que le quotient $\frac{V - U}{\sqrt{I}}$ doit être également constant; ce quotient, que M. P. Boileau désigne par la lettre γ, vaut donc rigoureusement :

$$\gamma = \frac{4}{7} K \sqrt{R}.$$

Il est presque inutile d'ajouter qu'en adoptant pour K les nombres rapportés ci-dessus, on retombe pour les valeurs de γ sur les nombres indiqués par M. P. Boileau (sauf les différences provenant des décimales négligées dans les calculs).

La constance signalée par cet auteur comme étant la *conséquence de faits expérimentaux* se réduit donc à la *simple vérification d'une identité;* si, d'ailleurs, il avait adopté pour V les valeurs directement fournies par l'expérience, cette constance n'aurait été qu'approchée, avec des écarts du même ordre de grandeur que ceux que comportent les vérifications faites par tous les auteurs qui l'ont précédé, et, à ce titre, il n'y aurait pas lieu d'y attacher une importance spéciale.

Tout en établissant ses courbes de répartition de vitesses (pl. XI de l'atlas) avec les valeurs particulières de K convenant à chaque diamètre, Darcy a pensé que ces valeurs ne diffèrent pas suffisamment entre elles pour que l'on ne puisse, dans la pratique, considérer le coefficient K comme constant pour tous les tuyaux; et, prenant en considération les diverses manières dont ce coefficient a été établi, il lui a assigné la valeur moyenne K = 11,30. Il en résulterait, pour le coefficient γ de M. P. Boileau, la valeur :

$$\gamma = \frac{4}{7} 11{,}30 \sqrt{R} = 6{,}457 \sqrt{R}.$$

et si cet auteur a abouti à l'expression compliquée :

$$\gamma = aR^{\frac{1}{4}} + bR^{\frac{3}{2}}$$

(*a* et *b* étant des coefficients variables avec la rugosité des parois), c'est qu'il a cherché à réunir par une loi unique les valeurs de K indiquées plus haut, résultat d'autant plus illusoire que parmi les *cinq*

conduites qui peuvent seules servir au mode de détermination de γ indiqué, il s'en trouvait seulement *deux* en fonte neuve, *deux* en fonte nettoyée, et *une seule* avec dépôts !

La théorie de M. P. Boileau prenant son point de départ dans la remarque précédente, et cette remarque étant elle-même réduite à sa juste valeur, nous ne croyons pas que les formules qui en sont la conséquence puissent y trouver une base suffisamment solide pour être substituées à celles que nous avons déjà examinées. Il ne nous paraît cependant pas inutile de faire connaître les principales déductions que l'auteur en a tirées.

Nous remarquerons d'abord que, dans la loi de répartition des vitesses, M. P. Boileau retrouve, au moyen de certaines considérations théoriques, l'exposant de Darcy $n = \frac{3}{2}$, et qu'il établit la formule :

$$V - v = \left(\frac{n}{2} + 1\right) \gamma \sqrt{I} \left(\frac{r}{R}\right)^n$$

et y faisant $n = \frac{3}{2}$, elle devient :

$$V - v = \frac{7}{4} \gamma \sqrt{I} \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$$

ou, en tenant compte de $\gamma = \frac{4}{7} K \sqrt{R}$, égalité que nous avons déjà démontrée :

$$V - v = K \sqrt{RI} \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}} = K \frac{\sqrt{I}}{R} r^{\frac{3}{2}}$$

C'est identiquement la formule de Darcy. Mais on devait s'y attendre, puisque c'est cette formule qui a implicitement servi de point de départ à M. P. Boileau pour établir ses déductions; aussi la vérification qui en découle par la valeur $n = \frac{3}{2}$ de l'exposant de Darcy n'a-t-elle pas, croyons-nous, l'importance que l'on pourrait être tenté de lui attribuer au premier abord.

Enfin M. P. Boileau développe ses idées sur la valeur de l'intensité du frottement à la paroi, qui le conduisent à admettre que, pour un même diamètre et une même nature de tuyau, ce frottement n'est pas simplement proportionnel au carré de la vitesse W à la paroi ; en

sorte que le produit RI, au lieu d'être simplement proportionnel à W^2, serait représenté par une fonction de la forme :

$$\frac{RI}{2} = \beta W^2 + \frac{\alpha}{\delta}$$

β et $\frac{\alpha}{\delta}$ étant des facteurs variables avec la rugosité des parois.

L'auteur se trouve ainsi conduit à admettre la relation suivante, entre la vitesse moyenne, la pente et le rayon des conduites.

$$\frac{U}{\sqrt{I}} = \frac{3}{4}\gamma + \sqrt{\frac{1}{\beta}\left(\frac{R}{2} - \frac{\alpha}{\delta I}\right)}$$

M. P. Boileau trouve une confirmation de l'exactitude de cette formule dans ce fait, que les valeurs de $\frac{U}{\sqrt{I}}$, déduites directement de celles de la vitesse moyenne et de la perte de charge observées par Darcy, augmentent pour un même tuyau avec cette perte I.

Or, nous ferons observer que cette augmentation est assez peu sensible pour autoriser à considérer, comme on l'a toujours fait, le rapport $\frac{U}{\sqrt{I}}$ comme constant dans ces conditions. De plus, l'augmentation signalée ne se manifeste que pour les pentes faibles; et pour celles-là, la formule de M. P. Boileau donne des résultats s'écartant notablement de ceux de l'expérience, et conduit même à des *valeurs imaginaires* pour le rapport $\frac{U}{\sqrt{I}}$, bien qu'on en maintienne l'application dans les limites de pentes et de diamètres expérimentées par Darcy. Enfin, pour des valeurs un peu élevées de la pente et du diamètre, c'est-à-dire dans les conditions les plus usuelles de l'établissement des conduites, l'influence du terme soustractif est assez faible pour qu'il puisse être négligé, et l'on retrouve alors la constance du rapport $\frac{U}{\sqrt{I}}$ pour un diamètre déterminé, et aussi, comme il serait facile de le montrer, une légère augmentation du rapport $\frac{U}{\sqrt{RI}}$ avec le diamètre ; ce résultat ne diffère alors nullement en principe de celui obtenu par Darcy, qui a trouvé :

$$RI = b_1 U^2 \qquad \text{ou :} \qquad \frac{U}{\sqrt{RI}} = \frac{1}{\sqrt{b_1}}$$

rapport qui, comme on le sait, s'accroît légèrement avec R. Il ne resterait donc qu'une formule compliquée à coefficients indécis, au lieu d'une formule simple avec coefficients beaucoup plus certains.

D'ailleurs, les vérifications présentées par M. P. Boileau sous le titre « Résultats numériques » sont sujettes à plus d'une critique. La concordance des valeurs expérimentales et des valeurs calculées de $\frac{U}{\sqrt{I}}$ n'est mise en évidence que pour une seule conduite et pour quatre valeurs de I. On peut, du reste, remarquer que pour les valeurs extrêmes et très différentes de I (0,002 et 0,140) celles de $\frac{U}{\sqrt{I}}$ ne diffèrent entre elles que de 2 0/0 environ, ce qui, comme nous l'avons déjà dit, autorise à regarder ce rapport comme constant.

L'expression générale de γ en fonction de R n'est donnée que sous une forme littérale, la valeur numérique des coefficients qui entrent dans son expression n'étant pas indiquée ; nous ferons observer, du reste, que les expériences de Darcy, quoique fort nombreuses, seraient tout à fait insuffisantes pour arriver à la détermination certaine de ces coefficients, particulièrement pour les conduites recouvertes de dépôts.

En résumé, il nous paraît inutile de recourir à une formule relativement compliquée comprenant un grand nombre de coefficients, qui ne constitue aucun progrès réel sur celle de Darcy, et dont l'exactitude paraît tout au moins douteuse.

Formule de M. Gauckler.

M. Gauckler a établi (1) une formule à peu près exclusivement empirique, destinée à représenter les résultats des expériences de Darcy sur les tuyaux de toute nature ; cette formule est la suivante :

$$\sqrt{U} + \frac{1}{4} D \sqrt[4]{U} = \alpha \sqrt[3]{D} \sqrt[4]{I}$$

α est un coefficient variable avec la nature des parois, et qui prend la valeur 5,5 lorsque celles-ci sont recouvertes de dépôts.

Avant de discuter cette formule, nous ferons remarquer que M. Gauckler s'est livré à des recherches de même nature relativement

(1) Annales des Ponts et Chaussées, 1868, I, 229 ; *Du mouvement de l'eau dans les conduites.*

à l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts (1) ; les deux formules auxquelles il est parvenu ont été discutées et critiquées par M. Bazin (2), qui dit à ce sujet :

« La forme monôme, en raison de son excès de simplicité, ne se prête pas à la représentation des phénomènes. Si l'on cherche, comme l'a fait M. Gauckler, à donner aux exposants des valeurs invariables, exprimées par des nombres simples, les formules que l'on obtient ne s'appliquent plus qu'entre certaines limites au delà desquelles *elles divergent rapidement.* »

Nous allons montrer que la même conclusion s'applique identiquement à la formule de M. Gauckler relative aux tuyaux, bien qu'elle n'ait pas la forme monôme ; et si elle représente d'une manière très approchée les résultats des expériences de Darcy dans les limites entre lesquelles elles sont comprises, on voit apparaître la *divergence rapide* dont parle M. Bazin aussitôt que ces limites sont dépassées.

Mais cette divergence est ici bien autrement grave que dans le cas des canaux découverts, car, dans ces derniers, les formules établies par les différents auteurs tiennent compte, dans une certaine mesure, non seulement des expériences faites sur des rigoles de petites dimensions transversales, mais encore des résultats obtenus sur les canaux et rivières, et même sur les plus grands fleuves connus. Aussi les limites d'établissement de ces formules sont-elles presque toujours supérieures à celles que peut exiger leur application pratique. Dans les tuyaux de conduite, il n'en est plus de même ; et, comme nous avons déjà eu l'occasion de le répéter, les limites extrêmes des expériences restent bien au-dessous de celles que la pratique a depuis longtemps atteintes.

La complication de la formule de M. Gauckler nous oblige, pour la comparer à celles étudiées jusqu'ici, à lui faire subir certaines transformations pour la mettre sous une forme qui rende cette comparaison moins difficile.

On peut l'écrire :

$$U^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{4} D U^{\frac{1}{4}} = \alpha D^{\frac{1}{12}} D^{\frac{1}{4}} I^{\frac{1}{4}}$$

(1) Même Mémoire, page 254.

(2) *Étude comparative des formules nouvellement proposées pour calculer le débit des canaux découverts.* (Annales des Ponts et Chaussées, 1871, I, 9). — M. Stapfer avait déjà établi (Annales des Ponts et Chaussées, 1869, II, 51), une comparaison entre les formules de MM. Gauckler et de Prony relatives aux canaux découverts.

d'où :

$$\frac{D^{\frac{1}{4}} I^{\frac{1}{4}}}{U^{\frac{1}{2}}} = \frac{1 + \frac{D}{4 U^{\frac{1}{4}}}}{\alpha D^{\frac{1}{12}}}$$

Enfin en élevant à la quatrième puissance :

$$\frac{DI}{U^2} = \frac{\left(1 + \frac{D}{4 U^{\frac{1}{4}}}\right)^4}{\alpha^4 D^{\frac{1}{3}}}$$

Ou, sous la forme usuelle :

$$\frac{RI}{U^2} = \frac{1}{2\alpha^4} \frac{\left(1 + \frac{D}{4\sqrt[4]{U}}\right)^4}{\sqrt[3]{D}}$$

Le second membre doit être comparé au coefficient b_1 de Darcy. Il varie, non seulement avec D, mais aussi avec U. Mais nous ferons remarquer que U variant de 0,05 *m* à 5,00 *m*, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 100, le facteur $\frac{1}{4\sqrt[4]{U}}$ varie seulement entre les limites 0,529 et 0,168, ce qui a simplement pour effet, comme nous le verrons plus loin, de déplacer le *point critique* du coefficient de M. Gauckler, c'est-à-dire celui où commence à se manifester la divergence rapide déjà signalée.

Si l'on fait passer la constante $\frac{1}{2\alpha^4}$ dans le premier membre, en ne considérant qu'une nature de parois déterminée, et si l'on représente par x le diamètre D, par m le rapport $\frac{1}{4\sqrt[4]{U}}$ et par y la fonction à étudier, cette fonction se présente sous la forme algébrique :

$$y = \frac{(1 + mx)^4}{\sqrt[3]{x}}$$

On voit facilement, sur la figure ci-après, qu'elle représente deux portions de courbe, l'une entièrement négative, l'autre entièrement positive, ayant chacune deux branches infinies. L'axe des y est asymptote à l'une des branches de chacune de ces portions de courbes.

La dérivée de la fonction :

$$y' = \frac{(1+mx)^3(11mx-1)}{3x^{\frac{4}{3}}}$$

égalée à 0, donne, d'une part, le maximum de la courbe négative, point où elle est tangente à l'axe des x, et, d'autre part, le minimum de la courbe positive, la seule dont nous ayons à nous occuper ici.

Ce minimum est donné par :

$$11mx - 1 = 0$$

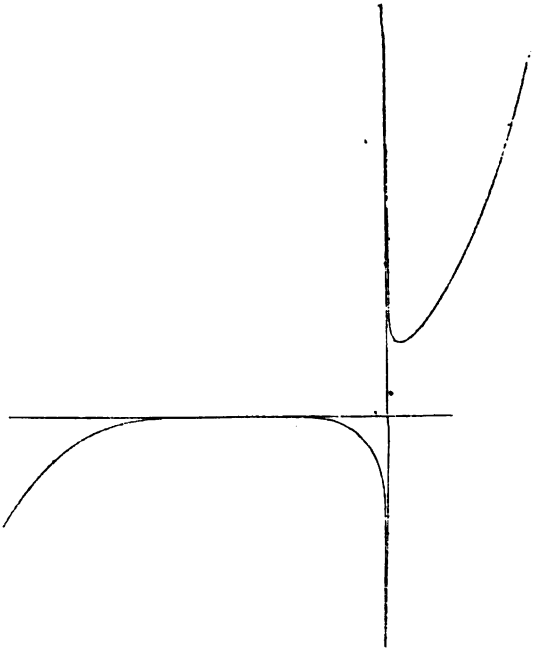
d'où :

$$x = \frac{1}{11m}$$

la valeur correspondante de y est

$$y = \left(\frac{2}{11}\right)^4 \sqrt[3]{11}\sqrt[3]{m} = 3{,}150\sqrt[3]{m}$$

Dans les limites de vitesses que nous avons considérées, m variant de 0,529 à 0,167, x (c'est-à-dire ici le diamètre correspondant au minimum de y), varie de 0,172 à 0,544; la fonction elle-même varie seulement de 2,547 à 1,735.



Ainsi, la présence de U dans le second membre de l'équation ne modifie en rien l'allure générale de la courbe.

Dans la formule de M. Gauckler, mise sous la forme usuelle, le coefficient qui affecterait le carré de la vitesse, au lieu d'être constant, ou de diminuer d'une façon continue, suivant la grandeur de la section (comme tous les auteurs l'ont

admis d'après les expériences faites), ce coefficient diminuerait seulement jusqu'à une certaine valeur du diamètre, variable avec la vitesse, mais qui ne serait généralement pas supérieure à 0,500 (précisément le diamètre limite des expériences de Darcy). A partir de ce point, ce coefficient augmenterait rapidement, et présenterait, par suite, des différences de plus en plus marquées avec les valeurs admises jusqu'ici.

Nous croyons inutile d'ajouter que cette augmentation indéfinie est inadmissible ; elle est contraire aux hypothèses les plus rationnelles qui n'admettent qu'une décroissance continue, tendant soit vers une limite (Darcy), soit vers zéro (Maurice Lévy). Cet accroissement n'est d'ailleurs pas intentionnel ; l'auteur de la formule n'a cherché sans doute qu'à la faire cadrer le mieux possible avec les expériences, dans les limites restreintes où elles ont été faites, et cela d'une manière tout à fait empirique, en sorte qu'il n'a plus été maître de la maintenir dans la vérité, ou même dans la vraisemblance, une fois ces limites dépassées.

Mais il est utile, croyons-nous, de faire ressortir par une application numérique et un tracé graphique, la divergence dont nous parlons.

Supposons, pour fixer les idées, la vitesse U égale à un mètre, nombre qui peut être fréquemment réalisé ; il s'ensuit $m = \frac{1}{4}$.

En ne considérant que la portion de courbe positive, nous voyons que le minimum de la fonction répond à :

$$x = \frac{4}{11} = 0{,}364.$$

Si, maintenant nous supposons qu'il s'agisse de conduites recouvertes de dépôts, on a $\alpha = 5{,}5$, et le coefficient qui affecte le carré de la vitesse dans la formule :

$$RI = b_1 U^2$$

devient :

$$b_1 = 0{,}000546 \frac{\left(1 + \frac{1}{4} D\right)^4}{\sqrt[3]{D}}$$

Les courbes tracées (pl. 156, fig. 2) montrent la variation des écarts entre les valeurs déduites de la formule de Darcy et celles résultant de la formule de M. Gauckler, appliquée aux trois cas : U = 0,05 ; U = 1 ; U = 5. Nous avons également représenté sur cette figure

la courbe résultant de la formule de M. Maurice Lévy pour les conduites chargées de dépôts. On voit que, si la formule de M. Gauckler coïncide bien avec celle de Darcy pour les faibles diamètres, les divergences s'accentuent rapidement au delà d'une limite qui augmente avec la vitesse, mais qui n'est jamais bien élevée.

Aussi, la formule de M. Gauckler, déjà bien compliquée par elle-même, ne peut-elle être d'aucun secours pour le calcul des conduites ayant un diamètre supérieur à ceux que nous venons de définir.

Exemple d'application des formules. Siphons du canal du Verdon.

Le Canal du Verdon, en Provence, comprend plusieurs siphons à grand diamètre, qui ont été décrits dans les Mémoires déjà cités (Voir page 528).

Ces siphons sont formés, soit de galeries circulaires creusées dans le rocher, maçonnées et enduites de ciment, soit de tuyaux en tôle ; le système mixte a aussi été employé.

Ces ouvrages ont été établis en général, pour débiter le volume d'eau maximum qui alimente le canal, soit 6 m^3 par seconde, avec une pente de 0,0011 représentant le rapport de la chute de l'amont à l'aval à la longueur développée de l'axe du siphon. Trois d'entre eux sont formés d'une conduite unique de 2,30 *m* de diamètre, et le quatrième, de deux conduites de 1,75 *m* de diamètre chacune.

« La formule de Prony, dit M. de Tournadre dans un des mémoires cités, a servi à faire le calcul ainsi qu'on l'avait fait au canal de Marseille. Celles de MM. Bazin et Darcy *étaient encore peu usitées* au moment où on a commencé les études. »

L'application de la formule de Prony ne conduit pas, avec les données qui viennent d'être indiquées, à un débit de 6 m^3, mais bien à un débit de 5,50 m^3 pour les siphons en question. Cependant M. de Tournadre dit, à propos de l'un d'eux : « la section, qui est un cercle de 2,30 *m* de diamètre, suffit à écouler les 6 m^3 du canal à la prise (1). Il est vrai que plus loin, à l'occasion d'un autre siphon de même diamètre et de même pente, il dit: « le débit à desservir est de 5,50 m^3 »; peut-être peut-on trouver l'explication de cette anomalie dans les lignes suivantes : « Il convient de faire observer que le périmètre à arroser ne comporte pas plus de 5 m^3 par seconde, et que si on a ou-

(1) C'est sans doute par erreur qu'il ajoute : « la vitesse correspondante est de 1,29 *m* en la calculant par les formules ordinaires ». Cette vitesse serait de 1,444 *m* dans ces conditions.

vert le canal pour 6 m^3, c'est uniquement en vue des déperditions inévitables dans un parcours de 82 *km.* »

Quoi qu'il en soit, voici les résultats de l'application du calcul à ces conduites, en admettant que l'on puisse assimiler les conduits enduits de ciment, ou plutôt les dépôts qui s'y produisent, à ceux des tuyaux en fonte :

1° *Siphons de 2,30 m de diamètre.*
Section $= 4,1548\ m^2$.

On a :

$$\frac{1}{4}\,DI = 0,0006325.$$

Les tables de Prony donnent par interpolation :

$$U = 1,323 \qquad Q = 5,50.$$

Les formules de Darcy donnent :

$$\frac{1}{4}\,DI = b_1 U^2$$

$$b_1 = 0,000507 + \frac{0,0000129}{D} = 0,000512.6$$

d'où :

$$U^2 = 1,234 \qquad U = 1,111 \qquad Q = 4,62.$$

Enfin, par les formules de M. Maurice Lévy, on obtient.

$$\mu = 45,145$$

$$U = \mu\sqrt{I} = 1,4975 \qquad Q = 6,22.$$

Nous ferons remarquer que la formule de M. Gauckler aurait donné :

$$U = 0,649 \qquad Q = 2,70$$

2° *Siphons formés de deux tuyaux de 1,75 m de diamètre.*
Section $= 2 \times 2,4053 = 4,8106\ m^2$.

On obtient, par les formules que nous venons d'indiquer, les résultats suivants :

Formule de Prony :

$$\frac{1}{4}\,DI = 0,000481.$$

Puis par les tables :

$$U = 1,150 \qquad Q = 5,53.$$

Formule de Darcy :

$$b_1 = 0,000514.4$$

d'où :

$$U^2 = 0{,}937 \qquad U = 0{,}968 \qquad Q = 4{,}66.$$

Formule de M. Maurice Lévy :

$$\mu = 37{,}41$$

$$U = 1{,}241 \qquad Q = 5{,}97.$$

Formule de M. Gauckler:

$$U = 0{,}66 \qquad Q = 3{,}18.$$

Le tableau suivant résume ces différents résultats.

FORMULES EMPLOYÉES	TUYAUX DE 2,30		TUYAUX DE 1,75	
	VITESSE U	DÉBIT Q	VITESSE U	DÉBIT Q
DE PRONY	1,323	5,50	1,150	5,53
DARCY	1,111	4,62	0,968	4,66
MAURICE LÉVY	1,497	6,22	1,241	5,97
GAUCKLER	0,649	2,70	0,660	3,18

On peut tirer de cette comparaison, les conséquences suivantes :

Si le débit est réellement de 6 m^3 avec la perte de charge annoncée, la formule de M. Maurice Lévy est la seule qui rende compte de ce résultat. Même dans le cas où le débit serait de 5,50 m^3, la formule de Darcy donnerait un résultat notablement trop faible, ce qui prouve, comme on l'a pressenti, et comme M. Bresse l'avait déjà fait remarquer, que cette formule *exagère les résistances pour les grands diamètres* ; la formule de M. Maurice Lévy s'approche donc davantage de la réalité. Enfin, comme la discussion spéciale l'a déjà fait voir, la formule de M. Gauckler est inapplicable aux sections dont il s'agit.

La question que nous venons de soulever, ainsi que les résultats qui précèdent, nous paraissent de nature à intéresser les hydrauliciens ; nous croyons, dans tous les cas, avoir fait notre possible pour attirer leur attention sur un problème de l'hydraulique dont l'étude n'est pas dépourvue d'utilité au point de vue des applications pratiques.

TABLE

RELATIVE AU MOUVEMENT DE L'EAU

Dans les tuyaux de conduite.

(Voir les formules, page 544.)

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,010	0,0000785	1,5959	0,20301	2254	0,0001253	$\bar{4}$,09810	10533
0,011	0,0000950	1,6809	0,22555	2065	0,0001597	$\bar{4}$,20343	9622
0,012	0,0001131	1,7628	0,24620	1904	0,0001994	$\bar{4}$,29965	8857
0,013	0,0001327	1,8418	0,26524	1769	0,0002445	$\bar{4}$,38822	8206
0,014	0,0001539	1,9184	0,28293	1650	0,0002953	$\bar{4}$,47028	7643
0,015	0,0001767	1,9927	0,29943	1548	0,0003521	$\bar{4}$,54671	7153
0,016	0,0002011	2,0649	0,31491	1457	0,0004152	$\bar{4}$,61824	6725
0,017	0,0002270	2,1354	0,32948	1377	0,0004847	$\bar{4}$,68549	6340
0,018	0,0002545	2,2042	0,34325	1306	0,0005609	$\bar{4}$,74889	6002
0,019	0,0002835	2,2715	0,35631	1241	0,0006440	$\bar{4}$,80891	5696
0,020	0,0003142	2,3373	0,36872	1183	0,0007343	$\bar{4}$,86587	5421
0,021	0,0003464	2,4019	0,38055	1130	0,0008319	$\bar{4}$,92008	5170
0,022	0,0003801	2,4652	0,39185	1081	0,0009371	$\bar{4}$,97178	4943
0,023	0,0004155	2,5273	0,40266	1038	0,0010500	$\bar{3}$,02121	4734
0,024	0,0004524	2,5885	0,41304	997	0,0011710	$\bar{3}$,06855	4543
0,025	0,0004909	2,6486	0,42301	960	0,0013001	$\bar{3}$,11398	4367
0,026	0,0005309	2,7077	0,43261	924	0,0014376	$\bar{3}$,15765	4202
0,027	0,0005726	2,7660	0,44185	893	0,0015837	$\bar{3}$,19967	4052
0,028	0,0006158	2,8235	0,45078	862	0,0017386	$\bar{3}$,24019	3910
0,029	0,0006605	2,8801	0,45940	834	0,0019023	$\bar{3}$,27929	3779
0,030	0,0007609	2,9359	0,46774	809	0,0020753	$\bar{3}$,31708	3656
0,031	0,0007548	2,9911	0,47583	783	0,0022576	$\bar{3}$,35364	3541
0,032	0,0008042	3,0455	0,48366	761	0,0024493	$\bar{3}$,38905	3434
0,033	0,0008553	3,0994	0,49127	739	0,0026509	$\bar{3}$,42339	3332
0,034	0,0009079	3,1525	0,49866	718	0,0028623	$\bar{3}$,45671	3236
0,035	0,0009621	3,2051	0,50584	699	0,0030837	$\bar{3}$,48907	3146
0,036	0,0010179	3,2571	0,51283	681	0,0033154	$\bar{3}$,52053	3060
0,037	0,0010752	3,3086	0,51964	664	0,0035574	$\bar{3}$,55113	2980
0,038	0,0011341	3,3595	0,52628	647	0,0038101	$\bar{3}$,58093	2904
0,039	0,0011946	3,4099	0,53275	631	0,0040735	$\bar{3}$,60997	2830

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,040	0,0012566	3,4598	0,53906	616	0,0043478	$\bar{3}$,63827	2761
0,041	0,0013202	3,5093	0,54522	603	0,0046332	$\bar{3}$,66588	2696
0,042	0,0013854	3,5583	0,55125	589	0,0049299	$\bar{3}$,69284	2633
0,043	0,0014522	3,6069	0,55714	575	0,0052380	$\bar{3}$,71917	2572
0,044	0,0015205	3,6551	0,56289	563	0,0055576	$\bar{3}$,74489	2515
0,045	0,0015904	3,7028	0,56852	552	0,0058890	$\bar{3}$,77004	2460
0,046	0,0016619	3,7501	0,57404	540	0,0062322	$\bar{3}$,79464	2408
0,047	0,0017349	3,7970	0,57944	530	0,0065875	$\bar{3}$,81872	2359
0,048	0,0018096	3,8436	0,58474	519	0,0069552	$\bar{3}$,84231	2310
0,049	0,0018857	3,8898	0,58993	509	0,0073352	$\bar{3}$,86541	2264
0,050	0,0019635	3,9357	0,59502	499	0,0077277	$\bar{3}$,88805	2219
0,051	0,0020428	3,9812	0,60001	490	0,0081328	$\bar{3}$,91024	2177
0,052	0,0021237	4,0264	0,60491	482	0,0085509	$\bar{3}$,93201	2136
0,053	0,0022062	4,0713	0,60973	473	0,0089819	$\bar{3}$,95337	2097
0,054	0,0022902	4,1158	0,61446	464	0,0094263	$\bar{3}$,97434	2058
0,055	0,0023758	4,1601	0,61910	456	0,0098837	$\bar{3}$,99492	2021
0,056	0,0024630	4,2040	0,62366	449	0,010354	$\bar{2}$,01513	1986
0,057	0,0025518	4,2477	0,62815	441	0,010839	$\bar{2}$,03499	1952
0,058	0,0026421	4,2910	0,63256	434	0,011337	$\bar{2}$,05451	1918
0,059	0,0027340	4,3341	0,63690	427	0,011849	$\bar{2}$,07369	1887
0,060	0,0028274	4,3769	0,64117	421	0,012376	$\bar{2}$,09256	1857
0,061	0,0029225	4,4195	0,64538	414	0,012916	$\bar{2}$,11113	1826
0,062	0,0030191	4,4619	0,64952	408	0,013471	$\bar{2}$,12939	1798
0,063	0,0031172	4,5040	0,65360	401	0,014040	$\bar{2}$,14737	1769
0,064	0,0032170	4,5458	0,65761	396	0,014624	$\bar{2}$,16506	1743
0,065	0,0033183	4,5874	0,66157	390	0,015223	$\bar{2}$,18249	1716
0,066	0,0034212	4,6288	0,66547	384	0,015836	$\bar{2}$,19965	1690
0,067	0,0035256	4,6699	0,66931	379	0,016465	$\bar{2}$,21655	1666
0,068	0,0036317	4,7108	0,67310	373	0,017108	$\bar{2}$,23321	1641
0,069	0,0037393	4,7515	0,67683	369	0,017767	$\bar{2}$,24962	1619
0,070	0,0038484	4,7920	0,68052	363	0,018442	$\bar{2}$,26581	1595
0,071	0,0039592	4,8323	0,68415	359	0,019132	$\bar{2}$,28176	1573
0,072	0,0040715	4,8724	0,68774	354	0,019838	$\bar{2}$,29749	1553
0,073	0,0041854	4,9123	0,69128	350	0,020560	$\bar{2}$,31302	1531
0,074	0,0043008	4,9519	0,69478	344	0,021298	$\bar{2}$,32833	1510
0,075	0,0044179	4,9914	0,69822	341	0,022051	$\bar{2}$,34343	1492
0,076	0,0045365	5,0307	0,70163	336	0,022822	$\bar{2}$,35835	1471
0,077	0,0046566	5,0698	0,70499	333	0,023608	$\bar{2}$,37306	1454
0,078	0,0047784	5,1088	0,70832	328	0,024412	$\bar{2}$,38760	1434
0,079	0,0049017	5,1475	0,71160	324	0,025231	$\bar{2}$,40194	1417

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,080	0,0050265	5,1861	0,71484	321	0,026068	$\bar{2}$,41611	1400
0,081	0,0051530	5,2245	0,71805	316	0,026922	$\bar{2}$,43011	1382
0,082	0,0052810	5,2628	0,72121	314	0,027793	$\bar{2}$,44393	1367
0,083	0,0054106	5,3008	0,72435	309	0,028681	$\bar{2}$,45760	1349
0,084	0,0055418	5,3388	0,72744	306	0,029586	$\bar{2}$,47109	1334
0,085	0,0056745	5,3765	0,73050	302	0,030509	$\bar{2}$,48443	1318
0,086	0,0058088	5,4141	0,73352	299	0,031449	$\bar{2}$,49761	1303
0,087	0,0059447	5,4515	0,73651	296	0,032407	$\bar{2}$,51064	1288
0,088	0,0060821	5,4887	0,73947	293	0,033383	$\bar{2}$,52352	1275
0,089	0,0062211	5,5258	0,74240	289	0,034377	$\bar{2}$,53627	1260
0,090	0,0063617	5,5628	0,74529	287	0,035389	$\bar{2}$,54887	1246
0,091	0,0065039	5,5996	0,74816	284	0,036419	$\bar{2}$,56133	1233
0,092	0,0066476	5,6363	0,75100	281	0,037468	$\bar{2}$,57366	1220
0,093	0,0067929	5,6729	0,75381	278	0,038536	$\bar{2}$,58586	1207
0,094	0,0069398	5,7093	0,75659	275	0,039622	$\bar{2}$,59793	1195
0,095	0,0070882	5,7456	0,75934	272	0,040727	$\bar{2}$,60988	1181
0,096	0,0072382	5,7818	0,76206	270	0,041850	$\bar{2}$,62169	1170
0,097	0,0073898	5,8178	0,76476	267	0,042992	$\bar{2}$,63339	1158
0,098	0,0075430	5,8537	0,76743	265	0,044154	$\bar{2}$,64497	1147
0,099	0,0076977	5,8895	0,77008	262	0,045336	$\bar{2}$,65644	1135
0,100	0,0078540	5,9251	0,77270	1273	0,046536	$\bar{2}$,66779	5511
0,105	0,0086590	6,1015	0,78543	1218	0,052833	$\bar{2}$,72290	5259
0,110	0,0095033	6,2750	0,79761	1166	0,059633	$\bar{2}$,77549	5027
0,115	0,010387	6,4457	0,80927	1118	0,066951	$\bar{2}$,82576	4814
0,120	0,011310	6,6138	0,82045	1076	0,074800	$\bar{2}$,87390	4622
0,125	0,012272	6,7797	0,83121	1035	0,083199	$\bar{2}$,92012	4442
0,130	0,013273	6,9432	0,84156	998	0,092160	$\bar{2}$,96454	4276
0,135	0,014314	7,1047	0,85154	964	0,10169	$\bar{1}$,00730	4123
0,140	0,015394	7,2640	0,86118	931	0,11182	$\bar{1}$,04853	3979
0,145	0,016513	7,4215	0,87049	901	0,12255	$\bar{1}$,08832	3846
0,150	0,017671	7,5770	0,87950	874	0,13390	$\bar{1}$,12678	3721
0,155	0,018869	7,7310	0,88824	847	0,14588	$\bar{1}$,16399	3605
0,160	0,020106	7,8833	0,89671	822	0,15850	$\bar{1}$,20004	3495
0,165	0,021382	8,0340	0,90493	799	0,17179	$\bar{1}$,23499	3394
0,170	0,022698	8,1832	0,91292	776	0,18575	$\bar{1}$,26893	3292
0,175	0,024053	8,3307	0,92068	757	0,20038	$\bar{1}$,30185	3204
0,180	0,025447	8,4772	0,92825	736	0,21572	$\bar{1}$,33389	3115
0,185	0,026880	8,6221	0,93561	718	0,23176	$\bar{1}$,36504	3035
0,190	0,028353	8,7658	0,94279	700	0,24853	$\bar{1}$,39539	2956
0,195	0,029865	8,9082	0,94979	683	0,26604	$\bar{1}$,42495	2882

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{\omega}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,200	0,031416	9,0494	0,95662	667	0,28429	$\bar{1}$,45377	2812
0,205	0,033006	9,1895	0,96329	652	0,30332	$\bar{1}$,48189	2745
0,210	0,034636	9,3284	0,96981	637	0,32310	$\bar{1}$,50934	2681
0,215	0,036305	9,4662	0,97618	623	0,34368	$\bar{1}$,53615	2620
0,220	0,038013	9,6031	0,98241	610	0,36505	$\bar{1}$,56235	2562
0,225	0,039761	9,7391	0,98851	598	0,38723	$\bar{1}$,58797	2507
0,230	0,041548	9,8740	0,99449	585	0,41024	$\bar{1}$,61304	2452
0,235	0,043374	10,008	1,00034	573	0,43407	$\bar{1}$,63756	2402
0,240	0,045239	10,141	1,00607	562	0,45876	$\bar{1}$,66158	2353
0,245	0,047143	10,273	1,01169	552	0,48430	$\bar{1}$,68511	2307
0,250	0,049087	10,404	1,01721	541	0,51071	$\bar{1}$,70818	2261
0,255	0,051070	10,535	1,02262	531	0,53801	$\bar{1}$,73079	2217
0,260	0,053093	10,664	1,02793	521	0,56619	$\bar{1}$,75296	2176
0,265	0,055155	10,793	1,03314	512	0,59528	$\bar{1}$,77472	2136
0,270	0,057256	10,921	1,03826	503	0,62529	$\bar{1}$,79608	2097
0,275	0,059396	11,048	1,04329	495	0,65622	$\bar{1}$,81705	2060
0,280	0,061575	11,175	1,04824	486	0,68810	$\bar{1}$,83765	2023
0,285	0,063794	11,300	1,05310	478	0,72091	$\bar{1}$,85788	1988
0,290	0,066052	11,425	1,05788	470	0,75468	$\bar{1}$,87776	1955
0,295	0,068349	11,550	1,06258	463	0,78943	$\bar{1}$,89731	1923
0,300	0,070686	11,674	1,06721	456	0,82517	$\bar{1}$,91654	1891
0,305	0,073062	11,797	1,07177	448	0,86191	$\bar{1}$,93546	1860
0,310	0,075477	11,919	1,07625	442	0,89963	$\bar{1}$,95406	1832
0,315	0,077931	12.041	1,08067	435	0,93838	$\bar{1}$,97238	1803
0,320	0,080425	12,162	1,08502	428	0,97816	$\bar{1}$,99041	1775
0,325	0,082958	12,283	1,08930	423	1,0190	0,00816	1749
0,330	0,085530	12,403	1,09353	416	1,0608	0,02565	1721
0,335	0,088141	12,523	1,09769	411	1,1038	0,04287	1698
0,340	0,090792	12,641	1,10180	405	1,1478	0,05985	1673
0,345	0,093482	12,760	1,10585	399	1,1928	0,07658	1649
0,350	0,096211	12.878	1,10984	394	1,2390	0,09307	1626
0,355	0,098980	12,995	1,11378	388	1,2863	0,10933	1603
0,360	0,10179	13 112	1,11766	381	1,3346	0,12536	1582
0,365	0,10463	13,228	1,12150	379	1,3841	0,14118	1560
0 370	0,10752	13,344	1,12529	373	1,4348	0,15678	1539
0,375	0,11045	13,459	1,12902	369	1,4865	0,17217	1519
0,380	0,11341	13,574	1,13271	365	1,5394	0,18736	1501
0,385	0,11642	13,689	1,13636	360	1,5936	0,20237	1481
0,390	0,11946	13,803	1,13996	355	1,6488	0,21718	1462
0,395	0,12254	13,916	1,14351	351	1,7053	0,23180	1443

DIAMÈT. D	SECTION ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,400	0,12566	14,029	1,14702	348	1,7629	0,24623	1427
0,405	0,12882	14,142	1,15050	343	1,8218	0,26050	1409
0,410	0,13203	14,254	1,15393	339	1,8819	0,27459	1392
0,415	0,13527	14,366	1,15732	335	1,9432	0,28851	1375
0,420	0,13854	14,477	1,16067	332	2,0057	0,30226	1559
0,425	0,14186	14,588	1,16399	328	2,0695	0,31585	1344
0,430	0,14522	14,698	1,16727	324	2,1345	0,32929	1329
0,435	0,14862	14,808	1,17051	320	2,2008	0,34258	1312
0,440	0,15205	14,918	1,17371	317	2,2683	0,35570	1299
0,445	0,15553	15,027	1,17688	314	2,3372	0,36869	1285
0,450	0,15904	15,136	1,18002	310	2,4073	0,38154	1269
0,455	0,16260	15,245	1,18312	308	2,4787	0,39423	1257
0,460	0,16619	15,353	1,18620	304	2,5515	0,40680	1244
0,465	0,16982	15,461	1,18924	301	2,6257	0,41924	1229
0,470	0,17349	15,569	1,19225	297	2,7011	0,43153	1216
0,475	0,17721	15,676	1,19522	295	2,7777	0,44369	1205
0,480	0,18096	15,782	1,19817	292	2,8559	0,45574	1193
0,485	0,18475	15,889	1,20109	289	2,9354	0,46767	1179
0,490	0,18857	15,995	1,20398	287	3,0162	0,47946	1169
0,495	0,19244	16,101	1,20685	284	3,0985	0,49115	1157
0,500	0,19635	16,206	1,20969	559	3,1821	0,50272	2279
0,510	0,20428	16,416	1,21528	549	3,3536	0,52551	2236
0,520	0,21237	16,625	1,22077	539	3,5308	0,54787	2193
0,530	0,22062	16,833	1,22616	529	3,7136	0,56980	2153
0,540	0,22902	17,039	1,23145	520	3,9024	0,59133	2114
0,550	0,23758	17,245	1,23665	512	4,0971	0,61247	2077
0,560	0,24630	17,449	1,24177	502	4,2977	0,63324	2039
0,570	0,25518	17,652	1,24679	494	4,5043	0,65363	2005
0,580	0,26421	17,854	1,25173	486	4,7171	0,67368	1970
0,590	0,27340	18,055	1,25659	478	4,9361	0,69338	1938
0,600	0,28274	18,255	1,26137	471	5,1614	0,71276	1907
0,610	0,29225	18,454	1,26608	464	5,3930	0,73183	1876
0,620	0,30191	18,652	1,27072	456	5,6311	0,75059	1846
0,630	0,31172	18,849	1,27528	449	5,8756	0,76905	1817
0,640	0,32170	19,045	1,27977	443	6,1266	0,78722	1790
0,650	0,33183	19,240	1,28420	436	6,3844	0,80512	1762
0,660	0,34212	19,434	1,28856	430	6,6487	0,82274	1736
0,670	0,35257	19,627	1,29286	424	6,9199	0,84010	1711
0,680	0,36317	19,820	1,29710	418	7,1980	0,85721	1686
0,690	0,37393	20,011	1,30128	412	7,4829	0,87407	1662

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
0,700	0,38485	20,202	1,30540	406	7,7748	0,89069	1638
0,710	0,39592	20,392	1,30946	402	8,0737	0,90707	1616
0,720	0,40715	20,581	1,31348	396	8,3798	0,92323	1595
0,730	0,41854	20,770	1,31744	391	8,6932	0,93918	1752
0,740	0,43008	20,958	1,32135	385	9,0136	0,95490	1551
0,750	0,44179	21,145	1,32520	381	9,3414	0,97041	1532
0,760	0,45365	21,331	1,32901	376	9,6768	0,98573	1511
0,770	0,46566	21,517	1,33277	372	10,019	1,00084	1493
0,780	0,47784	21,701	1,33649	367	10,370	1,01577	1473
0,790	0,49017	21,886	1,34016	362	10,728	1,03050	1455
0,800	0,50265	22,069	1,34378	358	11,093	1,04505	1437
0,810	0,51530	22,252	1,34736	354	11,466	1,05942	1420
0,820	0,52810	22,434	1,35090	350	11,847	1,07362	1403
0,830	0,54106	22,615	1,35440	346	12,236	1,08765	1386
0,840	0,55418	22,796	1,35786	342	12,633	1,10151	1370
0,850	0,56745	22,976	1,36128	338	13,038	1,11521	1354
0,860	0,58088	23,156	1,36466	334	13,451	1,12875	1338
0,870	0,59447	23,335	1,36800	331	13,872	1,14213	1323
0,880	0,60821	23,513	1,37131	327	14,301	1,15536	1309
0,890	0,62211	23,691	1,37458	324	14,738	1,16845	1294
0,900	0,63617	23,868	1,37782	320	15,184	1,18139	1280
0,910	0,65039	24,045	1,38102	317	15,638	1,19419	1266
0,920	0,66476	24,221	1,38419	313	16,101	1,20685	1252
0,930	0,67929	24,396	1,38732	310	16,572	1,21937	1239
0,940	0,69398	24,571	1,39042	307	17,052	1,23176	1227
0,950	0,70882	24,745	1,39349	304	17,540	1,24403	1213
0,960	0,72382	24,919	1,39653	301	18,037	1,25616	1201
0,970	0,73898	25,092	1,39954	298	18,543	1,26817	1189
0,980	0,75430	25,265	1,40252	296	19,057	1,28006	1178
0,990	0,76977	25,438	1,40548	292	19,581	1,29184	1165
1,000	0,78540	25,609	1,40840	1421	20,114	1,30349	5659
1,050	0,86590	26,461	1,42261	1357	22,913	1,36008	5398
1,100	0,95033	27,301	1,43618	1300	25,946	1,41406	5161
1,150	1,0387	28,131	1,44918	1246	29,219	1,46567	4942
1,200	1,1310	28,950	1,46164	1197	32,741	1,51509	4743
1,250	1,2272	29,759	1,47361	1152	36,519	1,56252	4559
1,300	1,3273	30,559	1,48513	1111	40,562	1,60811	4389
1,350	1,4314	31,350	1,49624	1071	44,874	1,65200	4230
1,400	1,5394	32,133	1,50695	1035	49,465	1,69430	4083
1,450	1,6513	32,908	1,51730	1001	54,341	1,73513	3945

DIAMÈT. D	SECTIONS ω	$\mu = \frac{U}{\sqrt{I}}$	LOG. μ	DIFFÉR. log. μ	$\beta = \frac{Q}{\sqrt{I}}$	LOG. β	DIFFÉR. log. β
1,500	1,7671	33,676	1,52731	970	59,509	1,77458	3818
1,550	1,8869	34,436	1,53701	940	64,977	1,81276	3698
1,600	2,0106	35,189	1,54641	912	70,752	1,84974	3585
1,650	2,1382	35,936	1,55553	886	76,840	1,88559	3479
1,700	2,2698	36.677	1,56439	861	83,249	1,92038	3378
1,750	2,4053	37,411	1,57300	838	89,984	1,95416	3285
1,800	2,5447	38,140	1,58138	816	97,054	1,98701	3196
1,850	2,6880	38,863	1,58954	794	104,465	2,01897	3111
1,900	2,8353	39,580	1,59748	774	112,22	2,05008	3030
1,950	2,9865	40,293	1,60522	756	120,33	2,08038	2955
2,000	3,1416	41,000	1,61278	738	128,80	2,10993	2883
2,050	3,3006	41,702	1,62016	720	137,64	2,13876	2813
2,100	3,4636	42,399	1,62736	704	146,85	2,16689	2748
2,150	3,6305	43,092	1,63440	688	156,45	2,19437	2685
2,200	3,8013	43,781	1,64128	674	166,43	2,22122	2625
2,250	3,9761	44,465	1,64802	659	176,80	2,24747	2569
2,300	4,1548	45,145	1,65461	645	187,57	2,27316	2512
2,350	4,3374	45,821	1,66106	632	198,74	2,29828	2461
2,400	4,5239	46,493	1,66738	620	210,33	2,32289	2411
2,450	4,7144	47,161	1,67358	607	222,33	2,34700	2362
2,500	4,9087	47,825	1,67965	596	234,76	2,37062	2316
2,550	5,1071	48,486	1,68561	585	247,62	2,39378	2271
2,600	5,3093	49,143	1,69146	574	260,91	2,41649	2229
2,650	5,5155	49,796	1,69720	563	274,65	2,43878	2187
2,700	5,7256	50,446	1,70283	554	288,83	2,46065	2147
2,750	5,9396	51,093	1,70837	544	303,48	2,48212	2109
2,800	6,1575	51,737	1,71381	534	318,58	2,50321	2072
2,850	6,3794	52,378	1,71915	525	334,14	2,52393	2035
2,900	6,6052	53,015	1,72440	517	350,17	2,54428	2002
2,950	6,8349	53,650	1,72957	508	366,69	2,56430	1968
3,000	7,0686	54,281	1,73465	»	383,69	2,58398	»

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Objet du mémoire 528

CHAPITRE I^er^. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE SUJET.

Aperçu des recherches théoriques et expérimentales faites sur cette question 529
Effet des frottements dans une masse fluide en mouvement 531

CHAPITRE II. — EXPOSÉ SOMMAIRE DE LA THÉORIE DE M. MAURICE LÉVY.

Propriétés générales d'un courant liquide à filets rectilignes et parallèles, de forme transversale quelconque 535
Distribution des vitesses dans un courant à filets rectilignes et parallèles, quel que soit le périmètre mouillé 537
Détermination de la fonction $f(v)$ et de la loi du frottement. Vérification expérimentale. 538
Loi du frottement contre la paroi. Vitesse moyenne. Formules pratiques et vérification expérimentale 540

CHAPITRE III. — APPLICATION PRATIQUE DES FORMULES DE M. MAURICE LÉVY.

Solution des principaux problèmes relatifs aux conduites d'eau. 543
Table numérique pour le calcul des conduites d'eau. 544
Problèmes secondaires relatifs aux conduites d'eau. 546

CHAPITRE IV. — COMPARAISON DES FORMULES DE M. MAURICE LÉVY AVEC CELLES DE DARCY.

Comparaison au point de vue expérimental. 549
Comparaison au point de vue analytique :
1° Conduites en fonte neuve. 552
2° Conduites chargées de dépôts 554
3° Rapport entre les deux natures de conduites 556

CHAPITRE V. — REVUE SUCCINCTE DE QUELQUES THÉORIES RELATIVES A L'ÉCOULEMENT DE L'EAU DANS LES TUYAUX.

Théorie de M. Boussinesq. 558
Théorie de M. P. Boileau 566
Formule de M. Gauckler. 571
Exemple d'application des formules ; siphons du canal du Verdon 576

TABLE RELATIVE AU MOUVEMENT DE L'EAU DANS LES CONDUITES. 579

COMPARAISON DES VITESSES OBTENUES PAR LES FORMULES DE DARCY ET CELLES DE M. MAURICE LÉVY (fig. 1). . . . . } PL. 156
COMPARAISON DES COEFFICIENTS b_1 SUIVANT DIFFÉRENTS AUTEURS (fig. 2) . . . . . }

CHRONIQUE

Sommaire. — Procédés pour assurer l'ininflammabilité des bois. — Traversée rapide de l'Atlantique. — Alfred Krupp. — Le Rhin considéré comme voie navigable. — Ancienneté de l'exploitation de la houille en Angleterre.

Procédés pour assurer l'ininflammabilité des bois. — *Les Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand* contiennent un rapport de MM. Boudin et Donny, professeurs à l'Université de Gand, rédigé à la demande de M. le Ministre des Travaux Publics de Belgique, sur les procédés destinés à assurer l'ininflammabilité des bois. Ce rapport contient la description et les résultats de nombreuses expériences faites sous leur direction par M. l'ingénieur D'hauw, assistant du cours de chimie industrielle à l'Université de Gand.

Ces expériences ont porté sur un très grand nombre de procédés d'injection ou de peinture des bois. Nous croyons devoir nous borner à l'indication des méthodes d'expérimentation, à celle des procédés qui se sont montrés très efficaces et à la reproduction des conclusions des auteurs.

Ceux-ci commencent par rappeler brièvement les modifications que la chaleur fait subir aux bois naturels ou préparés.

Action de la chaleur sur les bois naturels. — Chauffé à 200° C. pendant une demi-heure, le bois naturel se dessèche et prend une couleur ambrée ; sa résistance à la rupture se trouve en même temps diminuée d'une manière très sensible.

A 300° C. il se carbonise complètement et ne présente plus aucune résistance, ces changements se produisant, dans l'un et l'autre cas, sans qu'il se manifeste le moindre signe d'inflammation.

Il en est tout autrement lorsque la température s'élève davantage, le bois se trouvant exposé à une chaleur rouge ou à l'action directe d'un corps enflammé. Dans ce cas, en effet, l'altération est très rapide et, si elle se produit à l'air libre, le feu se propage de proche en proche, et la combustion ne s'arrête que lorsque la masse tout entière des bois, quelle qu'en soit l'étendue, se trouve réduite en cendres.

Action de la chaleur sur les bois préparés. — A 200° C., les bois recouverts d'un badigeon protecteur, d'une peinture à l'amiante ou au verre soluble, par exemple, se comportent identiquement de la même manière que les bois ordinaires non préparés ; comme eux, ils prennent une couleur ambrée et leur résistance se trouve diminuée dans la même proportion. Les bois injectés de certaines dissolutions salines, comme par exemple, de phosphate d'ammoniaque, qui est cependant un produit très

recommandable, s'altèrent, au contraire, notablement plus que le bois naturel ; ils prennent alors une teinte brune foncée et ne présentent plus qu'une très faible résistance.

A 300° C., tous les bois préparés sont complètement carbonisés, exactement comme s'ils n'avaient reçu aucune préparation, la décomposition ayant également lieu, du reste, sans production de flammes.

Portés au rouge ou soumis à l'action directe d'un corps enflammé, les bois préparés sont tous complètement détruits ; néanmoins, ils présentent d'abord une résistance assez grande à l'action du feu et généralement la destruction se trouve limitée aux points directement exposés.

Ainsi les bois recouverts d'un badigeon convenable résistent un certain temps à l'action du feu. Mais bientôt la chaleur finit par traverser la couche protectrice et, dès lors, la destruction commence ; il se dégage en même temps par les fissures qui se produisent toujours dans la couche-enveloppe, des jets de gaz dont l'inflammation contribue nécessairement à augmenter l'intensité du foyer incendiaire.

Quant aux bois injectés de dissolutions salines convenablement choisies, ils finissent par se carboniser également dans toute l'étendue des parties attaquées et ils y perdent ainsi toute résistance. Ces bois émettent beaucoup de gaz, mais ces gaz ne sont pas généralement inflammables et, non seulement ils ne contribuent pas à augmenter l'intensité du feu, mais, le plus souvent même, ils contrarient la combustion des matières inflammables avec lesquelles ils se trouvent en contact.

On ne peut donc réaliser l'*incombustibilité* des bois, c'est-à-dire leur non-destruction et leur non-altération par la chaleur ; mais, ce qui est très important, on peut assurer leur *ininflammabilité* et localiser ainsi la destruction du bois aux points directement exposés à l'action de la chaleur.

Les expériences ont été faites par deux procédés : un procédé sommaire et un procédé plus rigoureux et plus pratique.

Dans le premier, on s'est servi d'un appareil formé de deux fonds en tôle réunis par des tiges de fer auxquelles était fixé du gros fil de fer, de façon à former une sorte de cage cylindrique de 0,40 *m* de longueur et 0,25 *m* de diamètre. Cette cage était disposée horizontalement et pouvait tourner autour d'un axe également horizontal au-dessus d'une rampe à cinq brûleurs Bunsen débitant 1 000 litres à l'heure.

Le bois à essayer était mis dans la cage après avoir été débité en baguettes de 13 sur 15 *mm* de section, en paquets de quatre baguettes, séparées par des cales en bois et attachées ensemble par des fils de fer.

Après avoir allumé les brûleurs, on tournait la cage à raison de cinq à six tours par minute, de manière que tous les bois préparés de manière différente passassent alternativement et à intervalles égaux dans la flamme.

On a soumis à ces opérations des échantillons préparés de dix-neuf manières différentes. Il suffira de mentionner sommairement les résultats obtenus.

On a d'abord constaté que le bois ordinaire non préparé s'enflamme en moyenne au bout d'une minute et quarante-cinq secondes et continue à brûler, même lorsqu'on l'éloigne du foyer.

Les paquets de huit préparations par injection ont dû être enlevés au bout de huit à dix minutes, leur inflammation ayant acquis une intensité trop considérable.

Détachés de l'appareil, ils ont pour la plupart continué à se consumer jusqu'à destruction complète. Ceux qui ont duré le plus sont les bois injectés au tungstate de soude (dix minutes), et au chlorure de calcium et chlorydrate d'ammoniaque (quinze minutes).

Les autres préparations (par peinture ou badigeon) ont résisté de trente à quarante minutes; les meilleurs résultats ont été donnés par les bois recouverts de verre soluble avec introduction de kaolin, verre pilé et lait de chaux, par ceux recouverts avec les préparations de l'*United Asbestos Company* (amiante) et par ceux injectés au phosphate d'ammoniaque. Des essais faits sur des échantillons de bois d'un équarrissage plus considérable, 54 millimètres sur 47, ont donné des résultats entièrement semblables aux précédents.

Dans la deuxième série d'expériences, on a cherché à se placer dans des conditions à peu près semblables à celles qu'on rencontre dans les incendies. On a opéré en exposant à un feu central régulièrement alimenté une série de petites contructions en bois, toutes de même forme et ne comprenant chacune que des éléments de même préparation. Ces constructions étaient établies sur une grosse toile métallique supportée par des briques réfractaires. Chacune comprenait trente-six baguettes en bois de sapin de 0,20 *m* de longueur et 15 millimètres sur 15 d'équarrissage, superposées à claire-voie par assises alternativement croisées de six baguettes, pour permettre la libre circulation de l'air. La partie centrale recevait les matières combustibles représentant les foyers accidentels, cause générale des incendies. On employait comme matières combustibles des copeaux et éclats de bois réunis par charge du poids de 35 grammes.

Après chaque charge, on examinait avec attention l'état de la construction et même on en prenait une photographie. Si la construction paraissait pouvoir supporter la combustion d'une seconde charge de matières combustibles, on ajoutait celle-ci et ainsi de suite. On s'arrêtait lorsqu'on pouvait supposer qu'une nouvelle charge provoquerait l'anéantissement complet de la construction. On n'a, d'ailleurs, jamais dépassé quatre charges, quelque grande que fut la résistance opposée au feu.

On a employé dix-sept préparations différentes, tant injections que peintures. Nous nous bornerons à reproduire le sens général des résultats obtenus, et à indiquer les préparations qui ont donné les meilleurs résultats.

On a constaté une très grande différence dans la manière dont se comportent les diverses préparations; ainsi certaines résistent à peine à l'action du feu et la construction entière se réduit en cendres; d'autres

résistent plus longtemps et la construction n'est qu'incomplètement détruite; enfin il y en a qui résistent opiniâtrément; le feu ne se propage pas et la destruction reste limitée dans la zone qui touche immédiatement le feu central, le reste de la construction se conservant entièrement intact.

On peut donc subdiviser les préparations essayées en trois groupes distincts.

1° Les préparations sans valeur appréciable;

2° Les préparations qui peuvent rendre des services et qui diminuent dans une proportion notable l'inflammation du bois;

3° Les préparations tout à fait recommandables et qui empêchent d'une façon presque absolue la propagation du feu dans les bois de construction.

Ces dernières ne sont qu'au nombre de deux; la peinture de l'*United Asbestos Company* (peinture à l'amiante) et l'injection au phosphate d'ammoniaque.

La première de ces préparations a résisté à la combustion de quatre charges d'une durée totale de vingt et une minutes. Après extinction, la construction était restée presque intacte.

Il en a été de même pour le phosphate d'ammoniaque. Pour donner une idée de la résistance au feu des bois préparés par ce procédé, les auteurs rapportent qu'ils ont entretenu dans la cage centrale d'une construction faite avec ce bois, pendant vingt-cinq minutes, du feu alimenté avec 51 grammes d'éclats de bois et 35 grammes de braise et qu'ils ont pu pendant ce temps faire cuire dans une petite poêle les éléments d'un véritable repas composé d'un œuf et de trois morceaux de viande d'un poids collectif de 108 grammes, sans que la construction soumise à cette épreuve cessât d'être dans un parfait état de conservation.

MM. Boudin et Donny font remarquer, avec raison, qu'en dehors de leur plus ou moins de valeur au point de vue de l'ininflammabilité, on doit écarter certaines préparations des bois pour d'autres raisons; il en est, par exemple, qui ne présentent pas de durée; d'autres, telles que le chlorure de calcium, maintiendraient le bois dans un état permanent d'humidité; il en est enfin qui ont le très grave inconvénient de diminuer la résistance du bois. Quelques expériences semblent indiquer que les bois injectés ont, même à la température ordinaire, moins de résistance que les mêmes bois non préparés.

Nous devons citer *in extenso* les conclusions des auteurs.

I. — L'*incombustibilité* des bois n'est pas réalisable, mais on peut obtenir dans une large mesure l'*ininflammabilité* de manière à préserver tout bâtiment exposé à un foyer incendiaire limité et passager, ou du moins à permettre d'attendre des secours, bien qu'on ne puisse guère espérer voir une construction encombrée de matières inflammables sortir intacte d'une semblable épreuve.

II. — Les procédés de préservation sont de deux espèces : A, par injection de dissolutions salines ; B, par application de peintures.

III. — Les procédés par injection semblent peu pratiques et même, jusqu'à preuve du contraire, dangereux pour les bois de grandes dimensions.

Néanmoins, ce système est très applicable aux menus bois et, de toutes les substances préconisées, la meilleure est sans contredit le *phosphate d'ammoniaque* en solution concentrée, son emploi présentant, malgré le prix élevé de cette substance, des avantages si considérables que l'on devra y recourir chaque fois que la dépense n'aura pas à entrer en ligne de compte.

IV. — La préservation au moyen de peintures appropriées est le seul procédé à employer dans la presque totalité des cas.

Les peintures les plus recommandables sont les suivantes :

Peintures au verre soluble convenablement employé ;

Peinture à la cyanite ;

Peinture à l'asbeste de la maison Bell ;

Peinture à l'asbeste de la *United Asbestos Company*, de Londres ;

Mais, de toutes, la meilleure est cette dernière. Elle réunit à la fois les propriétés d'une excellente substance préservatrice et d'une bonne peinture, onctueuse, grasse, d'une application facile, d'un bon aspect et d'un prix relativement peu élevé.

Ce rapport est daté de septembre 1886.

Nous pouvons ajouter que l'emploi du verre soluble seul ou associé à des matières diverses pour empêcher l'inflammabilité des bois est déjà ancien. Dumas, dans son *Traité de chimie appliquée aux Arts*, publié en 1830, volume II, page 586, décrit les moyens employés pour rendre incombustibles les bois du théâtre de Munich, consistant en une peinture de verre soluble mélangé de 1/10 d'argile jaune. Il indique à cette occasion la nécessité de préserver également les toiles (rideaux et décors) qui sont les objets les plus dangereux pour le feu. Dumas s'étend assez longuement sur cette question d'actualité aujourd'hui. On peut mentionner à titre de curiosité qu'il indique au même endroit de son traité l'emploi du verre soluble comme moyen de recoller le verre et la porcelaine, application qui a pris, de nos jours, une certaine extension.

Traversée rapide de l'Atlantique. — Nous avons, sous ce titre, dans la chronique de mai 1887, page 784, donné quelques renseignements extraits des journaux américains sur des paquebots transatlantiques qui devaient être construits aux Etats-Unis sur un type sortant considérablement des idées admises jusqu'ici et dont le premier, déjà baptisé le *Pocahontas*, devait être mis à l'eau au mois de novembre.

Presque tous les journaux ou publications techniques ont parlé de ce projet, mais nous croyons avoir été à peu près seul à faire les plus grandes réserves quant à la possibilité de réaliser cette construction et à for-

muler dès critiques qui nous paraissaient trop faciles à faire sur les dispositions essentielles de la coque et de l'appareil moteur.

Nous n'avons pas à le regretter. Les journaux américains récents annoncent, en effet, que le *Pocahontas* ne sera pas construit, en admettant qu'il ait jamais été sérieusement question de le construire.

Voici ce qu'en dit le *Railroad Gazette* du 18 novembre : L'*Arrow-Steamship Company* d'Alexandria (Virginie) devait révolutionner la navigation à vapeur par la construction du *Pocahontas*, navire de proportions et de dispositions extraordinaires. En admettant la bonne foi des promoteurs, le projet était tellement impraticable qu'il est douteux que le navire eût flotté s'il avait jamais été mis à l'eau.

Plus long qu'aucun navire existant, à l'exception du *Great Eastern*, il était, par contre, de plusieurs pieds plus étroit qu'un paquebot bien connu qui ne peut se tenir droit qu'à force de lest. Il est probable qu'aucun lest n'eût pu empêcher le *Pocahontas* de chavirer et, d'autre part, le poids de la coque aurait été si grand, que le bâtiment n'eût pu flotter, même sans chargement.

La coque d'un navire étroit pèse presque autant que celle d'un navire de même longueur et d'une largeur de 50 0/0 plus grande ; mais, ce dernier a 50 0/0 de plus de déplacement, ce qui donne plus de marge pour les machines, le charbon, la cargaison, etc.

On peut donner ces chiffres à titre de comparaison.

	Largeur 12 mètres.	Largeur 18 mètres.
Poids de coque	6 500 *t.*	7 000 *t.*
— de machines	2 500	2 500
— Charbon	1 000	3 000
— Chargement	néant	2 500
— Total	10 000	15 000

On voit que le navire étroit ne peut porter aucun chargement utile et ne reçoit que le tiers du charbon de l'autre navire.

On se rappelle qu'une des dispositions originales du *Pocahontas* était l'emploi de cloisons étanches placées à 2,10 *m* les unes des autres ; le journal américain fait remarquer plaisamment que, de cette façon, les cloisons de séparation des cabines eussent été en tôle épaisse au lieu d'être en menuiserie légère, ce qui aurait encore singulièrement ajouté au poids. Le *Railroad Gazette* termine par ce jugement aussi net que sévère : Certes, on peut s'applaudir que le *Pocahontas* n'ait pas été construit, mais on doit regretter qu'un pareil projet ait pu même être conçu.

Alfred Krupp. — Nous trouvons dans l'*Obituary* de l'*Institution of Civil Engineers*, une notice nécrologique sur le grand métallurgiste allemand, qui était membre de notre Société depuis 1868. Le nom de Krupp n'éveille pour la masse que l'idée de canons, mais il doit rappeler autre

chose aux gens de notre profession, car le défunt exerça sans contredit une très grande influence sur l'introduction de l'acier comme matière de construction.

Krupp était né en 1812. Son père, Frédéric Krupp, d'Essen, fut le premier qui entreprit la fabrication en grand de l'acier par la méthode Huntsmann, mais, comme beaucoup des pionniers des industries nouvelles, il s'y ruina. A sa mort, arrivée en 1826, la fabrique comptait deux ouvriers dont l'un était Alfred Krupp. On ne faisait que de l'acier à outils, et quand on en avait fait une certaine quantité, Krupp allait à cheval le vendre dans le pays. Ensuite il étendit sa fabrication à celle de l'acier pour matrices et coins à frapper la monnaie, ce qui lui acquit une grande réputation en Allemagne. L'installation était des plus primitives ; le peu d'outils que possédait Krupp était fait par lui-même et il travailla longtemps avec un seul ouvrier. Il fit ensuite de l'acier pour cylindres de laminoirs. Ces laminoirs servaient à la fabrication de la monnaie et à celle des fils de laiton pour toile métallique. La trempe était si bonne que beaucoup de ces cylindres sont encore en service actuellement.

Krupp se livra aussi à la construction des machines monétaires et plusieurs monnaies du continent possèdent des spécimens de sa fabrication. Il eut l'idée ensuite de faire des cylindres à empreintes pour la fabrication des cuillères et fourchettes. Il prit, en 1845, pour cet objet, sa première patente et la vendit pour l'Angleterre à MM. Elkington, de Birmingham, moyennant 200000 *fr.* Ce fut le commencement de sa fortune, non seulement par le secours matériel que lui procura cette somme, mais surtout par la foi que lui donna ce succès dans ses propres idées. Il commença alors en grand la production de l'acier pour les chemins de fer et pour l'artillerie.

Le premier canon Krupp date de 1847 ; c'était un canon de trois livres se chargeant par la bouche. On le soumit à des épreuves à outrance, mais on ne put le détruire ; il est actuellement conservé à Berlin dans un musée. En 1851, Krupp fit un canon de 6, qui figura à l'Exposition de Londres, à côté d'autres pièces telles que : cylindres de laminoirs, acier à outils, une cuirasse, etc., et lui valut une médaille de conseil, la seule qui fût accordée à cette industrie.

Ce fut à cette époque que Krupp commença la fabrication des bandages sans soudure, à laquelle il fut amené forcément par ce fait que l'acier qu'il fabriquait ne pouvait se souder. Il expérimenta ce procédé de fabrication sur du plomb, ce qui était plus facile et plus économique, car il était aisé de refondre le plomb des pièces manquées. Le succès obtenu, il prit des patentes en 1850. Krupp eut beaucoup de peine à faire essayer ses bandages ; le prix en était très élevé, 3 250 francs la tonne, alors que les meilleurs bandages de Low Moor ne coûtaient que 1 000 francs.

On ne tarda pas à reconnaître toutefois que la différence de prix était compensée par la durée, la sécurité, etc., et les bandages d'acier finirent par s'introduire dans les chemins de fer. Krupp ne borna pas sa fabrica-

tion aux bandages, il l'étendit aux essieux, aux ressorts, rails, etc. Mais c'est la fabrication des canons qui lui donna surtout sa réputation ; il est curieux d'en constater le développement depuis 1851, époque où le premier fut fait. De cette date à 1854, rien ; en 1854, trois pièces ; en 1855, huit; en 1856 (1), douze ; à partir de ce moment, l'essor fut tel qu'en 1866 le nombre s'élevait déjà à 1 562. Actuellement, le total dépasse largement 20 000. C'est en 1856 que Krupp commença à fabriquer des pièces se chargeant par la culasse, qui furent fournies à presque tous les pays, à l'exception de la France, de l'Angleterre et des Etats-Unis.

Quant au développement des établissements d'Essen, on peut s'en faire une idée par le fait que le nombre des ouvriers employés dans les usines et leurs dépendances dépasse 20 000. Ces dépendances se composent de charbonnages, minières, hauts fourneaux, etc., de manière que les établissements puissent se suffire à eux-mêmes. La superficie est énorme ; il suffit, pour en donner une idée, d'indiquer que la seule surface couverte dépasse 400 000 mètres carrés.

Le petit lingot d'acier, de quelques centaines de kilogrammes, exposé à Londres en 1851, et qui était la plus grosse masse d'acier qu'on eût encore vue, est l'ancêtre des blocs de 70 tonnes qu'on transforme en pièces d'artillerie, de même que le petit canon de trois livres, de 1847, a été le point de départ de la chaîne dont le dernier maillon est pour le moment représenté par le canon monstre à chargement par la culasse, pesant 120 tonnes et lançant un projectile de plus de 1 000 kilogrammes.

Krupp s'occupait beaucoup de ses ouvriers ; il avait créé un grand nombre d'institutions à leur usage : maisons, hôpitaux, écoles, boulangeries, magasins d'approvisionnements, églises pour les diverses confessions, car, bien qu'il appartînt à la religion réformée, il ne faisait entre ses employés aucune distinction basée sur le terrain des croyances.

Comme beaucoup de potentats de l'industrie, il était demeuré très simple de manières. Il avait refusé les titres de noblesse qui lui avaient été offerts et s'était borné à accepter les décorations qu'il avait reçues à peu près de tous les Etats qui en décernent. Son éducation avait été très soignée; il avait le don des langues, car à l'âge de soixante-dix ans il apprit l'Italien et le parlait très couramment.

Krupp est mort à soixante-seize ans ; ses funérailles, qui ont eu lieu le 18 juillet de cette année, ont été suivies par plus de soixante mille personnes, appartenant à toutes les classes de la société. L'empereur d'Allemagne et le roi de Saxe s'y étaient fait représenter. Ces hommages rendus à un manufacturier témoignent de la considération qu'on avait en Allemagne tant pour l'homme que pour l'industrie qu'il avait développée à un si haut degré.

(1) Les bulletins de notre Société contiennent une communication de notre regretté collègue et ancien président Callon, du 6 novembre 1857, sur les essais faits à Vincennes de deux canons Krupp.

Le Rhin considéré comme voie navigable. — Le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs allemands* a donné un article de M. Gravenstein sur le Rhin considéré comme voie navigable, dont les extraits publiés par l'*Institution of Civil Engineers* donnent le résumé suivant :

Le bassin du Rhin représente une superficie de 205 000 kilomètres carrés ; on peut diviser la partie navigable du fleuve en deux grandes sections, de Bâle à Bingen et de Bingen à la mer du Nord.

Les pentes moyennes sont les suivantes :

De Bâle à Strasbourg	1 *m*	pour	1 200 *m*
— Strasbourg à Carlsruhe	1	—	2 400
— Carlsruhe à Mannheim	1	—	6 800
— Mannheim à Bingen	1	—	1 000
— Bingen à Saint-Goar	1	—	2 400
— Saint-Goar à Coblentz	1	—	5 000
— Coblentz à Cologne	1	—	4 300
— Cologne à Emmerich	1	—	6 300
En Hollande	1	—	10 000

La plus petite vitesse du courant est de 0,80 *m*, et la plus grande de 3,35 *m* ; à Dusseldorf, elle est de 1,60 à 2 *m*, avec 3 *m* d'eau à l'échelle de Cologne.

La largeur du fleuve n'est que de 165 *m* à Saint-Goar, avec 30 *m* de profondeur ; à Dusseldorf, elle atteint 250 *m*, avec 22 *m* de profondeur. Ce sont les plus grandes profondeurs. Dans le Rheingau et la partie inférieure du Rhin, la largeur du fleuve atteint 700 *m*. A Wesel, la proportion du volume débité aux basses eaux et aux hautes est de 1 à 14.

Le premier pont fixe sur le Rhin a été établi à Cologne ; il y en a actuellement un grand nombre d'autres, dont cinq sur le territoire prussien, savoir : deux à Coblentz, un à Hamm, un à Rheinhausen et un à Wesel.

Le premier bateau à vapeur sur le Rhin date de 1827. Les bateaux actuels sont établis pour porter 800 tonneaux. Les premiers travaux d'amélioration du cours du fleuve ont été faits de 1847 à 1850. En 1868, on avait obtenu, aux basses eaux, à 1,50 *m* à l'échelle de Cologne, un tirant d'eau minimum de 2 *m* de Bingen à Coblentz, de 2,50 *m* de Coblentz à Cologne et de 3 *m* de Cologne à Rotterdam. En 1874, le tirant d'eau de 2,50 *m* s'étendait de Cologne à Saint-Goar. Ces travaux ont rétréci la largeur de la passe à 90 *m*, à 150 *m* en amont de Cologne et à 300 *m* en aval. Les dépenses se sont élevées :

Antérieurement à 1851	16 250 000 *fr.*
De 1851 à 1861	5 625 000
De 1861 à 1879	11 875 000
Il reste à dépenser, en dix-huit ans environ, une somme de	27 500 000
Total	61 250 000

Au-dessus de Cologne, le Rhin est encaissé par des rives élevées; plus bas, le rivage s'abaisse et, depuis Dusseldorf, le fleuve est endigué.

Ancienneté de l'exploitation de la houille en Angleterre. — Dans un discours d'installation prononcé devant le *Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers* à Leeds, le 30 août dernier, le président M. T. W. Embleton, a donné d'intéressants détails sur les témoignages que l'on a recueillis sur l'ancienneté de l'exploitation de la houille en Angleterre. Nous devons nous borner à extraire de ce discours les points les plus remarquables.

On a trouvé dans le Monmouthshire des haches de pierre au milieu de morceaux de charbon de terre à ciel ouvert, ce qui semblerait indiquer à la fois que les individus de cette époque extrayaient le charbon, mais qu'ils se bornaient à exploiter des affleurements. Théophrate qui vivait 238 ans avant l'ère chrétienne parle d'une pierre appelée anthracite qui décrépite lorsqu'on l'enflamme, brûle comme du charbon de bois et est employée par les forgerons.

Il est à remarquer que le mot *coal* qui signifie houille en anglais, se retrouve plus ou moins dans toutes les langues du Nord; l'ancien mot breton était *Glo*; au moyen-âge on disait en anglais *Col*, en Hollande c'est *Koel*, en suédois *Kol*, en danois *Kul*, en allemand ancien *Chol*, en allemand du moyen âge *Kol*, en allemand moderne *Kohl*, en irlandais *Kuel*, en dialecte des Cornouailles *Kolan*. Il n'est pas jusqu'au mot français *houille* qui avec la prononciation gutturale de l'*h* ne présente une grande similitude avec tous ces mots.

Les Romains connaissaient l'usage du charbon de terre ; on a trouvé près de Wigan, dans le Shrophire et dans le Lancashire, des traces d'exploitation houillère assez étendues et perfectionnées dans lesquelles étaient des monnaies romaines et d'autres objets qui ont permis d'assigner une date précise à ces travaux.

Chose singulière, le livre de la conquête, le *Domesday Book*, établi sous Guillaume le Conquérant, ne fait aucune allusion aux combustibles minéraux. Mais à partir de cette époque, on trouve une foule de documents relatifs à l'exploitation de la houille et, dès 1300, son emploi était si général pour les usages domestiques qu'on se plaignait déjà des inconvénients de la fumée et qu'un édit d'Edouard I^er^ interdit son emploi et ordonna la destruction des foyers et fourneaux où on brûlait de la houille. Mais ce ne fut que temporaire et la rareté du bois fit reprendre l'usage du charbon de terre. Dès le temps de Charles I^er^ on n'employait plus d'autre combustible.

On sait que la découverte de la houille en Belgique paraît remonter à 1190, date à laquelle elle fut trouvée aux environs de Liège par un pèlerin.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1887

Rapport de MM. DAVANNE et PLON sur le **procédé de photogravure mécanique au burin**, présenté par M. SARTIRANA.

On sait que la reproduction par photogravure des teintes fondues que présentent les photographies d'après la nature ou les peintures est très difficile par suite de l'absence des traits, grains ou points nécessaires pour l'encrage et l'impression d'une gravure en creux ou en relief.

Le procédé dont il s'agit permet de traduire la photographie par des entailles plus ou moins larges et plus ou moins profondes faites par un burin dans une planche de métal.

Le principe de l'invention repose sur l'emploi d'une machine à graver les lignes parallèles équidistantes et de largeur variable pour former le modèle. Dans cette machine, un burin glisse le long d'une règle qui au moyen de deux vis à pas très fin, avance parallèlement à elle-même sur une table en fonte parfaitement dressée. Le burin est fixé à un levier et peut appuyer plus ou moins sur la planche suivant qu'une touche commandant le levier rencontre des reliefs ou des creux dont l'ensemble représente les noirs ou les clairs d'une image. Cette image type peut être obtenue par les procédés photographiques connus basés sur les propriétés de la gélatine bichromatée, dont le gonflement à l'eau chaude donne des reliefs en relation avec les teintes du dessin.

On peut, avec ce procédé très fidèle, obtenir en quelques heures la transformation d'un cliché photographique en une planche gravée prête à être mise sous presse.

Rapport de M. PIHET sur la **serrure-chaîne** de M. LOYER.

Il s'agit d'une combinaison entre la serrure et la chaîne de sûreté qu'on emploie pour maintenir entrebâillée la porte d'un appartement. A cet effet, la serrure est munie d'un barillet qui reçoit un mouvement de rotation de la clé et qui porte une encoche dans laquelle on peut introduire un crochet qui termine la chaîne. On peut alors soit maintenir la porte entrebâillée soit assurer la fermeture complète de la porte.

Lorsqu'on ouvre la serrure du dehors, l'encoche du barillet est amenée à la partie inférieure et le crochet se dégage par son propre poids.

Rapport de M. Mascart sur une **plume inscrivante** présentée par M. Fénon.

Cette plume est destinée aux appareils enregistreurs pour lesquels on a besoin de faire tracer automatiquement une courbe ; il est nécessaire que l'organe inscripteur n'introduise pas d'irrégularité par lui-même.

La plume imaginée par M. Fénon se compose d'un tube en acier qui forme siphon ; une des branches plonge dans le réservoir à encre et l'autre branche est située un peu plus bas que le niveau du liquide, de manière à se trouver toujours remplie ; la capillarité empêche l'écoulement Cette branche est coupée en biscau et forme plume.

On obtient avec cet instrument un tracé délié sans aucune interruption dans les déplacements les plus rapides et sans empâtement lorsque la plume reste au repos ; de plus celle-ci est toujours prête à fonctionner, quelle qu'ait été l'interruption du travail. On se sert d'encres à la glycérine qui ne s'évaporent pas, de sorte qu'on a pu, avec une même charge de liquide, obtenir un tracé irréprochable d'un baromètre pendant plus de six mois.

Rapport de M. Bardy sur un **appareil destiné à la conservation des substances alimentaires,** présenté par M. Schribaux.

Le principe de cet appareil est emprunté aux expériences de M. Pasteur, dans lesquelles des substances putrescibles, enfermées dans des ballons à col étiré et recourbé plusieurs fois, se conservent indéfiniment après qu'on a chassé l'air par l'ébullition et détruit les germes de ferments contenus dans le liquide. La vapeur se condense par le refroidissement, et l'air qui entre dans le ballon abandonne dans les sinuosités du col les ferments qu'il tient en suspension.

Pour réaliser un appareil pratique, M. Schribaux lui donne la forme d'un cône tronqué reposant sur la grande base ; le couvercle est également de forme tronconique et vient s'emboîter sur le vase qu'il recouvre jusqu'à moitié de sa hauteur.

L'espace libre laissé entre les deux surfaces de fermeture est excessivement faible ; il n'est pas sinueux, mais entièrement droit ; et, malgré cette forme, il retient d'une manière complète les germes atmosphériques.

Avec des vases de cette disposition, on peut conserver, sans la moindre altération, pendant un temps plus que suffisant pour les usages domestiques, tous les aliments ou liquides susceptibles d'être bouillis, lait bouillon, etc.

L'**Irlande industrielle,** d'après M. Robert Dennis, traduction de M. Edouard Simon.

Nouvelle méthode pour distinguer les fibres animales des fibres végétales. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal.*)

Cette méthode est basée sur des réactions du sucre dont une dissolution donne une coloration en présence des solutions alcooliques de naphtol ou de thymol et d'acide sulfurique. Or, la cellulose que contiennent les fibres végétales se transforme en sucre en présence de l'acide sulfurique et donne la réaction ci-dessus qu'on n'obtient pas avec les fibres d'origine animale.

Production houillère de la Grande-Bretagne. (Traduit de l'*Iron.*)

Résistance des rails en acier, par M. Webb. (Traduit de l'*Iron.*)

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

SEPTEMBRE-OCTOBRE 1887.

Etude sur la **fonte de moulage pour construction mécanique**, par M. Ed. Deny,

L'auteur rappelle que c'est la résistance médiocre de la fonte ordinaire qui est cause de son rejet absolu dans beaucoup de cas, et fait observer que, si on parvenait à augmenter cette résistance, on étendrait considérablement le cercle d'emploi de cette matière.

On a généralement renoncé à la fonte de la première fusion par suite des irrégularités d'allure qui se produisent dans la marche des hauts fourneaux, et on ne fabrique presque plus de moulages qu'en seconde fusion.

On produit depuis longtemps en Allemagne (Gruson) et en Autriche (Ganz et C^ie^) des fontes moulées d'une ténacité remarquable, et en même temps susceptibles de prendre parfaitement la trempe en coquille.

L'auteur ne croit pas que, pour obtenir des fontes de qualité supérieure pour les moulages, il faille chercher à obtenir une pureté complète en dehors du carbone; il pense que ce qu'on doit chercher à réaliser, ce sont des fontes d'une pureté relative, avec lesquelles on pourra obtenir un métal répondant à la qualité désirée. Mais cette qualité ne pourra être reconnue et appréciée que par des essais directs et mécaniques variant suivant la destination de la fonte produite et le mode d'action des efforts qu'elle devra pouvoir supporter.

Suit la classification des diverses espèces de fonte qu'on peut obtenir dans un haut fourneau en faisant varier la charge de minerai par rapport à celle de combustible et la composition de ces fontes.

L'auteur étudie ensuite le rôle de chacune des matières contenues dans les fontes en dehors du fer, telles que carbone, silicium, manganèse, phosphore, etc.; il rappelle les expériences bien connues de Turner, sur l'influence du silicium dans la fonte de moulage et les déductions tirées par ce savant.

On trouve dans ce mémoire très étendu d'intéressantes observations pratiques sur les propriétés des fontes, par exemple en ce qui concerne le retrait, le moulage en coquille, etc.

La variation de résistance de la fonte avec sa teneur en diverses substances est étudiée en détail, avec représentation graphique des résultats ; nous nous bornerons à donner les conclusions que M. Deny dégage de ses expériences et de cette série de tracés :

1° Les propriétés résistantes d'une fonte grise ordinaire de moulage peuvent être améliorées par la décarburation partielle de cette fonte, et la transformation de partie de son carbone graphitique en carbone combiné à l'aide d'une addition d'acier ou de fer ou même de fonte blanche peu carburée ; mais l'amélioration n'est obtenue qu'avec augmentation dans la dureté de la fonte.

2° Les fontes hématites permettent de profiter plus largement que les fontes phosphoreuses de l'augmentation de ténacité due à leur décarburation partielle par addition de fer ou d'acier.

3° A une égale amélioration de leur ténacité, les fontes phosphoreuses durcissent plus que les fontes hématites.

4° L'addition de spiegeleisen à la fonte hématite n° III ou à la fonte Erch n° II, est nuisible à la résistance de ces fontes, à la traction et au choc ; elle n'améliore que faiblement la résistance à la flexion et les durcit rapidement.

5° L'addition du ferro-silicium à la fonte hématite n° III ou à la fonte Esch n° II, altère aussi la résistance de ces fontes à la traction; elle est très nuisible à leur résistance au choc, mais elle améliore quelque peu leur résistance à la flexion.

6° Le ferro-silicium a surtout l'avantage d'adoucir considérablement les fontes auxquelles il est ajouté, ce qui peut rendre précieux l'emploi de ce métal dans la production des pièces mécaniques ayant à subir des travaux d'ajustage et dans lesquelles la ténacité n'est qu'accessoire ; mais l'emploi de ce métal employé en mélange avec des fontes blanches n°s V ou VI pour les faire rétrograder aux n°s III et IV, bien qu'il rende possible l'emploi de ces fontes blanches en fonderie, n'est pas recommandable. Une étude ultérieure doit être consacrée à l'examen de l'influence des mélanges ternaires, obtenus par addition simultanée de manganèse ou ferro-silicium d'une part et de fer ou d'acier de l'autre.

Rapport de MM Schlumberger, Scheurer et Bœringer sur la demande de prix de MM. Hartmann, Richard et C^ie^, pour l'**introduction en Alsace de filés mélangés et imprimés,** ainsi que de la teinture et de l'impression mécanique du peigné.

Note sur le **nickelage des rouleaux d'impression,** par M. A. Lalance.

Le but de cette opération est de donner aux rouleaux une surface plus unie et plus dure que ne le donne le cuivre ou le laiton et par suite de réduire l'usure de la gravure.

Le nickelage se fait par bains galvaniques composés de sulfate double, de nickel et d'ammoniaque. Le courant est produit par une dynamo actionnée par un petit moteur spécial; on donne 1 ampère par décimètre carré de surface à nickeler, soit 30 ampères pour les rouleaux ordinaires. Il faut une heure et demie pour recouvrir un rouleau d'une couche d'épaisseur suffisante. L'opération coûte de 8 à 10 *fr* par rouleau mais cette dépense est largement compensée par la plus grande durée des gravures.

Note présentée par M. WALTHER-MEUNIER, au nom du comité de mécanique sur les **recherches expérimentales sur l'emploi des enveloppes de vapeur et du fonctionnement compound dans les locomotives** effectuées sur les chemins de fer Sud-Ouest russes par M. A. BORODINE.

Il s'agit du mémoire présenté à la société des Ingénieurs civils, dans la séance du 6 août 1886, par M. Borodine. Notre collègue, M. Walther-Meunier, constate le soin et la précision avec lesquelles ces expériences ont été conduites suivant les méthodes de M. Hirn.

Nous devons, dit-il, appeler l'attention sur la clarté et la netteté de la rédaction de cet important mémoire. Les formules employées sont parfaitement détaillées, d'une compréhension très facile et à la portée de tout le monde et chacune d'elles est complétée par les détails de calcul de plusieurs expériences. M. Borodine ne suppose chez ses lecteurs aucune connaissance préalable des ouvrages sur la thermo-dynamique, et toute personne connaissant les éléments de la physique et de l'algèbre peut lire facilement et avec fruit le rapport que nous avons sous les yeux. C'est, à notre avis, un des mérites de ce travail et qui le met à la portée du personnel, même subalterne, des compagnies de chemins de fer.

Note sur **l'épuration des eaux sales** provenant du lavage des laines brutes, par M. JUNGCK.

Ces procédés d'épuration sont employés à la filature de Malmerspach. On s'est arrêté pour épurer les eaux provenant du lavage des laines à un double traitement, le premier par l'acide sulfurique et le second par la chaux et un sulfate ou chlorure quelconque.

On fait reposer les eaux sales dans des bassins d'où elles passent dans des réservoirs en bois de 12 mètres cubes environ, où on y ajoute de 0,3 à 0,5 pour cent d'acide sulfurique. On brasse intimement le mélange par un jet de vapeur et on laisse reposer. Les graisses surnagent, et on fait écouler les eaux par le fond.

Les graisses mélangées de boue et de terre sont séparées par filtration sur des toiles et pressées. On sépare la graisse qui n'a qu'une assez faible valeur, les résidus sont brûlés sous les chaudières.

Les eaux sont traitées par de la chaux et un résidu des fabriques de potasse de Stassfurt, qu'on appelle kyserite et qui contient 55 pour cent

de sulfate de magnésie. Il se fait un précipité et l'eau devient à peu près pure. Le précipité est recueilli dans des fosses où l'on dirige le mélange, on le sèche sur le sol et on l'emploie dans la fabrication du gaz d'éclairage.

Ces opérations sont onéreuses et on n'y a guère recours que lorsqu'on est obligé par des ordonnances de police d'épurer les eaux. On peut donc conclure que le problème du lavage chimique des laines et de l'épuration des eaux en provenant reste entière.

Note sur la **Fixation du fer dans les mordants** mélangés de fer et d'alumine, par M. O. SCHEURER.

Rapport sur la **marche de l'Ecole de Chimie** pendant l'année scolaire 1886-87, par M. E. KUHLMANN.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 47. — *19 novembre 1887.*

Emploi du combustible liquide dans la navigation, par C. Busley *(suite)*.

Théorie des turbines à pression à libre écoulement, par R.-R. Werner *(fin)*.

Mesure et enregistrement du travail électrique, par E. Gerland.

Fours à tirage renversé et à combustion sur sole.

Classification des marteaux mécaniques.

Groupe d'Aix-la-Chapelle.—Installations mécaniques du puits Nothberg, de la Société des Mines d'Eschweiler. — Fabrique de matériaux réfractaires de Lutgen et Borgmann, à Eschweiler.

Groupe de Wurtemberg. — Fabrique de levure et distillerie de Katz frères, à Feuerbach. — Briqueterie de J. Siègle, à Feuerbach.

Patentes.

N° 48. — *26 novembre 1887.*

Emploi du combustible liquide dans la navigation, par C. Busley (*suite*).

Explosion aux nouveaux moulins du Weser, à Hammeln, par C. Arndt.

Explosion de chaudière à la Friedenshütte.

Patentes.

Correspondance. — Chauffage et ventilation.

Variétés. — Locomotives Compound.

N° 49. — *3 décembre 1887.*

Emploi du combustible liquide dans la navigation, par C. Busley (*suite*).

Pompes centrifuges.

Chemins de fer. — Chemin de fer à rail unique surélevé, système Lartigue.

Machines à travailler le bois.

Groupe de Saxe. — Machines à écrire, de Hammond.

Réunion d'automne de l'Institut du fer et de l'acier à Manchester. — Réduction du minerai de fer dans le haut fourneau.— Expériences sur la fusion au four à sole basique.—Fours de fusion pour l'acier de Radcliffe.

Patentes.

Bibliographie. — Etude sur les machines frigorifiques des divers systèmes, par M. Schroter. — Aide-mémoire d'électro-technique, de C. Grawinkel et Strecker.

Correspondance. — Machines à laver.

Variétés. — Accidents dans l'exploitation des mines en Prusse en 1886. — Production de fonte brute en Prusse, en 1886. — Production des mines, salines et usines métallurgiques en Prusse, en 1886.

N° 50. — *10 décembre 1887.*

Emploi du combustible liquide dans la navigation, par C. Busley (*suite*).

Machines-outils. — Machines à travailler les métaux.

Groupe de Francfort. — Excursion dans le pays de Siegen. — Excursion dans le Wurtemberg.

Patentes.

Bibliographie. — Règles pour l'établissement et la conduite des hauts fourneaux, par le Dr Wedding. — Appareils électriques et leur réglage, par W. E. Fein.

Correspondance. — Explosion de chaudière à la Friedenshütte. — Explosion aux moulins du Weser, à Hamelu. — Installations pour le criblage des charbons.

Variétés. — Exposition des Arts industriels et de l'Hygiène technique, à Berlin.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1880 A 1887

INDICATIONS	17 DÉCEMBRE 1880	16 DÉCEMBRE 1881	15 DÉCEMBRE 1882	24 DÉCEMBRE 1883	19 DÉCEMBRE 1884	8 DÉCEMBRE 1885	17 DÉCEMBRE 1886	16 DÉCEMBRE 1887
Nombre de Membres...	1800	1922	1984	2037	2068	2081	2119	2155
Membres admis pendant l'Exercice.....	264	180	110	132	93	102	99	77
Membres décédés.....	21	24	23	36	34	31	31	27
Membres démissionnres.	7	17	8	10	11	10	11	14
Membres rayés.....	13	17	17	26	22	48	19	»
Membres exemptés.....	3	25	6	10	11	17	12	15
Exonérations de 600 fr..	23	16	7	11	5	11	11	10
Legs.....	»	»	2 legs à recevoir	Le Roy 5.000fr	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir	Giffard / Sieber 50.887 50	»
Dons volontaires	3.658fr 75	6.509fr 25	3.128fr 50	1.368 25	673fr »	1.799fr 75	2.200 »	424fr »
Encaissements de l'Exercice.....	81.454 84	89.090 33	77.373 68	88.675 93	82.585 84	91.995 79	137.669fr 75	83.050 33
Achat d'Obligations du Midi.....	(14) 5.348 50	(20) 10.323 95	(10) 3.730 »	(18) 17.429 65	»	(28) 10.358 28	(131) 50.372 05	(23) 9.066 45
Remboursement d'Obligations sociales	(20) 10.000 »	(13) 16.500 »	(33) 16.500 »	(14) 7.000 »	(11) 5.500 »	(12) 6.000 »	(14) 7.000 »	(2) 1.000 »
Sommes restant dues à la Société:	13.521 »	12.576 »	15.893 »	17.217 »	18.064 »	14.824 »	18.773 »	19.828 »
Sommes restant en caisse	21.142 63	17.699 89	15.279 30	13.518 31	10.371 55	13.105 25	20.011 43	19.835 05
Dépenses de l'Exercice..	57.570 43	65.709 12	59.564 27	66.007 27	80.232 60	79.262 09	104.983 07	83.226 71
Avoir de la Société....	301.620 47	325.001 68	342.811 09	366.479 75	368.832 99	385.566 69	425.591 12	434.981 49

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1887

Acier à l'aluminium, Octobre, II, 322; — (Combustion spontanée de l') très divisé, Octobre, II, 322.

Aériens (Chemins de fer, Novembre, II, 450.

Alimentation d'eau des villes en Italie, Novembre, II, 452.

Allemagne (Daltonisme chez les employés de chemins de fer en), Novembre, II, 455; — (Prix des locomotives en), Juillet, II, 70.

Allemands (Société des Ingénieurs), Octobre, II, 323.

Aluminium (Acier à l'), Octobre, II, 322.

Angleterre (Ancienneté de l'exploitation de la houille en), Décembre, II, 596.

Atlantique (Traversée rapide de l'), Mai, I, 783; Décembre, II, 591.

Bois (Procédés pour assurer l'ininflammabilité du), Décembre, II, 587.

Calorifuge (Emploi du carbonate de magnésie comme), Février, I, 299.

Chaînes (Emploi des) de levage, Octobre, II, 321.

Chaudières (Corrosion des) par les eaux contenant du sucre, Février, I, 303.

Chauffage (Contrôleur de température pour le) des édifices, Septembre, II, 262.

Chemins de fer aériens, Novembre, II, 450; de montagne à voie étroite, de Darjeeling, Octobre, II, 319;— du Hollenthal, Août, II, 166 — en Suède, Avril, I, 648; — (Enlèvement de la neige sur les), Août, II, 170; — (Daltonisme chez les employés de) en Allemagne, Novembre. II, 455; — (Renversement d'un train de), par le vent, Avril, I, 642 Mai, I, 780.

Circulation (Mouvement de la) à Londres, Juin, I, 927.

Combustion spontanée de l'acier très divisé, Octobre, II, 322.

Contrôleur de température pour le chauffage des édifices, Septembre, II, 262.

Correspondances postales (Statistique des), Mai, I, 788.

Corrosion des chaudières par les eaux contenant du sucre, Février, I, 303.

Daltonisme chez les employés de chemins de fer en Allemagne, Novembre, II, 455.

Développement de quelques villes des Etats-Unis, Avril. I, 645.

Eads (Le capitaine), Avril, I, 646.

Eaux (Alimentation d') des villes en Italie, Novembre, II, 452; — (Corrosion des chaudières par les) contenant du sucre. Février, I, 303.

Eclairage électrique des établissements industriels, Juin, I, 925 ; Juillet, II, 67 ; Septembre, II, 254.

Electricité (Traction des tramways par l'), Novembre, II, 453.

Electrique (Eclairage) des établissements industriels, Juin, I, 925; Juillet, II, 67 ; Septembre, II, 254 ; — (Lampes) pour mines, Mars, I, 470; Juin, I. 929.

Emploi des chaînes de levage, Octobre, II, 321 ; — du carbonate de magnésie comme calorifuge, Février, I. 299; — de l'huile pour calmer l'agitation de la mer, Août, II, 165; Septembre, II, 254; — de l'hydrogène pour remplacer les explosifs dans les mines, Mars, I, 468 ; — du sucre dans la fabrication des mortiers, Janvier, I, 159.

Enlèvement de la neige sur les chemins de fer, Août, II; 170.

Etablissements industriels (Eclairage électrique des), Juin, I, 925 : Juillet, II, 67; Septembre, II, 254,

Etats-Unis (Développement de quelques villes des), Avril. I, 645; — (Gaz naturel aux), Janvier, I, 159; Mars, I, 465.

Evaporation des liquides par la vapeur d'échappement d'une machine. Novembre, II, 455.

Expansion (Machines à quadruple), Avril, I, 645.

Expériences sur une pompe à vapeur Worthington, Mars, I, 462.

Exploitation (Ancienneté de l') de la houille en Angleterre, Décembre, II, 596.

Explosifs (Emploi de l'hydrogène pour remplacer les) dans les mines. Mars, I, 468.

Explosion d'une essoreuse, Juillet, II, 71.

Fabrication des mortiers (Emploi du sucre dans la), Janvier, I, 159 : — du sodium, Juin, I, 924.

Fer (Production du) en 1886, Mai, I, 789 ; — Procédé Bower-Barff pour la préservation du), Juin, I, 920.

Filature (La plus grande) du monde, Août, II, 169.

Flexion (Procédé pour la mesure de la) d'un pont, Janvier. I, 158.

Force motrice (Remplacement de la vapeur d'eau comme), Janvier, I, 154; Février, I, 295.

Frottement des tiroirs de machines à vapeur, Avril, I, 638.

Gaz naturel aux États-Unis, Janvier, I, 159; Mars, I, 465.

Graisses (Huiles et) minérales, Février, I, 305.

Houille (Ancienneté de l'exploitation de la) en Angleterre, Décembre, II, 596.

Huiles et graisses minérales, Février, I, 305;—(Emploi de l') pour calmer l'agitation de la mer, Août, II, 165 ; Septembre, II, 254.

Hydrogène (Emploi de l') pour remplacer les explosifs dans les mines, Mars, I, 468.

Ingénieurs (Société des) Allemands, Octobre, II, 323.

Ininflammabilité du bois (Procédés pour assurer l'), Décemb., II, 587

Italie (Alimentation d'eau des villes en), Novembre, II, 452; — Ponts remarquables en), Septembre, II, 261.

Krupp (Alfred), Décembre, II, 592.

Lampes électriques pour les mines, Mars, I, 470; Juin, I, 929.

Levage (Emploi des chaînes de), Octobre, II, 321.

Liquides (Evaporation des) par la vapeur d'échappement d'une machine, Novembre, II, 455.

Locomotives (Prix des) en Allemagne, Juillet, II, 70; — Strong, Septembre, II, 259.

Londres (Mouvement de la circulation à), Juin, I, 927.

Machines à vapeur (Une puissante), Mars, I, 467; — à quadruple expansion, Avril, I, 645; — (Evaporation des liquides par la vapeur d'échappement d'une), Novembre, II, 455 ;—(Frottement des tiroirs des), Avril, I, 638.

Magnésie (Emploi du carbonate de) comme calorifuge, Février, I, 299.

Marine à vapeur du monde, Octobre, II, 323.

Mer (Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la), Août, II, 165 ; Septembre, 2, 254.

Mines (Emploi de l'hydrogène pour remplacer les explosifs dans les),

Mars, I, 468; — (Lampes électriques pour les), Mars, I, 470; — Juin, I, 929.

Mortiers (Emploi du sucre dans la fabrication des), Janvier, I, 159.

Mouvement de la circulation à Londres, Juin, I, 927.

Navires de guerre anciens et récents, Mai, I, 787; —(Grands) à roues, Juillet, II, 61; — (Sauvetage du) *le Taurus*, Août, II, 159.

Neige (Enlèvement de la) sur les chemins de fer, Août, II, 170.

Paquebots (Grands) transatlantiques, Novembre, II, 454.

Pompe (Expériences sur une) à vapeur Worthington, Mars, I, 462.

Ponts (Procédé pour la mesure de la flexion des), Janvier, I, 158; — remarquables en Italie, Septembre, II, 261.

Prix de locomotives en Allemagne, Juillet, II, 70.

Procédé pour la mesure de la flexion d'un pont, Janvier, I, 158; — Bower-Barff, Juin, I, 920; — pour assurer l'ininflammabilité du bois, Décembre, II, 587.

Production du fer en 1886, Mai, I, 789.

Remplacement de la vapeur d'eau comme force motrice, Janvier, I, 154; Février, I, 295.

Renversement d'un train par le vent, Avril, I, 642; Mai, I, 780.

Réparation (Une) rapide, Janvier, I, 160.

Rhin (Le) considéré comme voie navigable, Décembre, II, 595.

Sauvetage du navire *le Taurus*, Août, II, 159.

Société des Ingénieurs Allemands, Octobre, II, 323.

Sodium (Fabrication du), Juin, I, 924.

Statistique des correspondances postales, Mai, I, 788.

Steamers (Grands) à roues, Juillet, II, 61. (Voir aussi *Paquebots* et *Navires*.)

Sucre (Corrosion des chaudières par les eaux contenant du), Février, I, 303; — (Emploi du) dans la fabrication des mortiers, Janvier, I, 159.

Température (Contrôleur de) pour le chauffage des édifices, Septembre, II, 262.

Tiroirs (Frottement des) de machines à vapeur, Avril, I, 638.

Tournage d'un volant, Février, I, 297,

Traction sur tramways par l'électricité, Novembre, II, 453.

Train (Renversement d'un) par le vent, Avril, I, 642; Mai, I, 780.

Tramways (Traction sur) par l'électricité, Novembre, II, 453.

Transmission à distance par la vapeur, Janvier, I, 157.

Traversée rapide de l'Atlantique, Mai, I, 783; Décembre, II, 591.

Vapeur (Evaporation des liquides par la) d'échappement d'une machine, Novembre, II, 455; — (Frottement des tiroirs de machines à), Avril, I, 638; — (Machines à) à quadruple expansion, Avril, I, 645; — (Une puissante machine à), Mars, I, 467; — (Marine à) du monde, Octobre, II, 323; — (Expériences sur une pompe à) Worthington, Mars, I, 462; — (Remplacement de la) d'eau comme force motrice, Janvier, I, 154; Février, I, 295: — (Transmission à distance par la), Janvier, I, 157.

Vent (Renversement d'un train par le), Avril, I, 642; Mai, I, 780.

Villes (Alimentation d'eau des) en Italie, Novembre, II, 452; — (Développement de quelques) des Etats-Unis, Avril, I, 645.

Volant (Tournage d'un), Février, I, 297.

Voie (Chemin de fer de montagne à) étroite de Darjeeling, Octobre, II 319; — (Le Rhin considéré comme) navigable, Décembre, II, 595.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1887

Bibliographie. L'irrigation en Egypte, par M. J. Barois, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées 338

Brûleur à gaz, système Delmas-Azema, par M. D. Casalonga; observations de M. A. Ellissen. (Séance du 4 novembre) 352

Chemin de fer de Bayonne à Biarritz *(Discussion sur le)*, par MM. J. Carimantrand, E. Level, A. Mallet et E. Roy. (Séance du 1er juillet. . 9

Chemins de fer en Autriche *(Note sur l'exploitation par l'Etat des)*, par M. A. Kramer 134

Chronique de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre 61, 159, 254, 319, 450 et 587

Comptes rendus de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre . . . . . 74, 171, 263, 325, 457 et 597

Condensation *(Etude sur les appareils à)*, par M. P. Horsin-Déon. Observations par MM. D. Casalonga et S. Périssé. (Séance du 18 novembre). Mémoire. . . . . 369 et 406

Congrès international de Bordeaux, compte rendu, par M. A. Hallopeau. (Séance du 7 octobre) 282

Congrès international des chemins de fer. 2e session, Milan, 1887, compte rendu, par M. G. Cerbelaud. (Séance du 4 novembre), mémoire. 365 et 379

Décès : MM. E. Bonnet, A. Trémeau, E. Lavezzari, F. Aboilard, A. Vérité, R. Pascal, A. Jullin, A. Krupp, W. Buddicom, L. Vée, H. de Ruolz, L. Husquin de Rhéville, E. Pierron, J. Barret. (Séances des 1er et 15 juillet, 5 août, 7 octobre, 4 novembre) . . . . . 8, 17, 90, 279 et 351

Décorations françaises :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. E. Level, F. Mathias, E. Recopé . . . . . 17, 90 et 351

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. L. Hudelo, E. Madelaine, E. Quenay, N. Schmitz, E. Demanest, E. Bartissol, C. Gibault, C. Chaperon. . . . . 8, 17, 279 et 473

Officiers de l'instruction publique : MM. H. Delessert, J. Gouilly, A. Hallopeau,, Mangini, L. Rocaché. 17

Officiers d'académie : MM. E. Firminhac, H. Forest, P. Grelley, M. Legat, C. Loubery, G. Loustau, A. Moreau, J. Olive. 17

Officier du mérite agricole : M. A. Albaret. 352
Chevalier du mérite agricole : M. J. Garnier 369

Décorations étrangères :

Officiers du dragon d'Annam : MM. A. Huguet, A. Evrard . . 17 et 279
Commandeur de l'ordre royal du Cambodge : M. A. Violet. 279
Officier de l'ordre du Nicham *(Tunisie)* : M. A. Martin. 90
Officier de l'ordre de Léopold *(Belgique)* : M. A. Huguet 352
Commandeurs de l'ordre d'Isabelle la Catholique *(Espagne)* : F. Brard, L. Delaunay-Belleville. 279
Chevalier de l'ordre de Charles III *(Espagne)* : M. L. Delaunay-Belleville. 352
Commandeur de l'ordre du Christ de Portugal : M. E. Pontzen . . 90
Chevalier de l'ordre de Notre-Dame de la Conception de Villaviciosa *(Portugal)* : M. A. Deghilage 17
Chevalier de l'ordre de la couronne d'Italie : M. C. Dodement. . 279
Commandeur de l'ordre impérial de l'Osmanié *(Turquie)* : M. A. Huguet 17
Grand-officier de l'ordre du Lion et du Soleil *(Perse)* : M. G. Pesce. 90

Discours prononcé sur la tombe de M. A. Vérité, par M. le comte de Salis. 155
Discours prononcé sur la tombe de M. E. Lavezzari, par M. V. Contamin. 251
Discours prononcé par M. A. Brüll, président de la Société, lors de la visite de M. le Ministre des travaux publics. (Séance du 21 octobre). . 290
Discours prononcé par M. de Hérédia, ministre des travaux publics, lors de sa visite à la Société. (Séance du 21 octobre) 292
Discours prononcés par MM. A. Brüll et G. Loustau sur la tombe de M. L. Husquin de Rhéville . . . . . 312 et 316
Discours de M. A. Brüll, prononcé au banquet de la chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs. (Séance du 2 décembre) . . 475

Eclairage électrique *(L')* au point de vue de la sécurité dans les théâtres, par M. A. Vernes. (Séance du 21 octobre) 295
Eclairage électrique *(L')* aux Etats-Unis en mars 1887, par M. E. Martin (Séance du 2 décembre). Mémoire. . . . . 477 et 496
Eclisse passe-joint, par M. J. Caillé ; observations de MM. L. Boudenoot, H. Forest et E. Roy. (Séance du 1er juillet). Mémoire. . .10 et 235
Ecluses de Saint-Aubin (*Construction des*) par M. H. Hersent ; observations de MM. L. Molinos et S. Périssé. (Séance du 15 juillet). Mémoire. 17 et 24
Ecole Centrale *(Histoire de l')*, par M. F. Pothier ; analyse par M. C. Przewoski 246
Election d'un membre du Comité. (Séance du 4 novembre). 355
Election des membres du Bureau et du Comité. (Assemblée générale du 16 décembre). 495
État comparatif des exercices de 1880 à 1887 604
Excursion à Rouen et au Havre, compte rendu par M. A. de Dax. . . 40

Feu au théâtre *(Le)*, par M. E. Trélat. (Séance du 21 octobre). Mémoire. 294 et 299

Force *(Sur la)*, par M. E. Piarron de Mondesir, observations de M. E. Bertrand de Fontviolant. *(Séances du 4 novembre et du 2 décembre).* Mémoire . . . . . 361, 191 et 475

Membres nouvellement admis. . . . . 7, 278 et 344
Mouvement de l'eau dans les tuyaux circulaires; théorie de M. Maurice Lévy, table pour le calcul des conduites par M. H. Vallot. 529

Navigation de la Seine :

Lettres de MM. J. de Coëne et A. Boulé, observations de MM. E. Roy et E. Polonceau. (Séance du 5 août) . . . . . 85 et 87
Lettre de M. H. Hersent. (Séance du 7 octobre) 281
Lettre de M. A. Boulé. (Séance du 4 novembre). . . . . 345 et 347
Observations de M. W. de Nordling. (Séance du 18 novembre) 367

Nominations :

MM. A. Gottschalk et E. Level, comme membres du Comité consultatif des chemins de fer. (Séance du 7 octobre). 279
De M. S. Périssé, comme membre de la Commission centrale des appareils à vapeur. (Séance du 18 novembre) 369
Notices nécrologiques sur MM. F. Aboilard, W. Buddicom, R. Pascal. 153, 249 et 318

Phosphates de la Somme *(Note sur les)*, par M. P. Lévy; observations de MM. J. Derennes, H. Lanet, H. Lenicque et A. Moreau. (Séance du 7 octobre). Mémoire . . . . . 286 et 181
Phosphate du nord de la France *(Note sur les gites de)*, par M. E. Fuchs, ingénieur en chef des mines. (Séance du 7 octobre) 289
Phosphates de Beauval et d'Orville *(Note sur)*, par M. H. Lasne. (Séance du 18 novembre). Mémoire . . . . . 374 et 307
Phosphates *(Solubilité des)* et leur utilisation en agriculture, par M. A. Moreau. (Séance du 18 novembre). Mémoire . . . . . 374 et 415
Phosphates *(Discussion sur la questions des)*, par MM. L. Dumas, L. Durassier, E. Grüner, H. Lasne, A. Moreau, L. Thomas. (Séance du 18 novembre) 375
Photocopie industrielle *(Guide pratique de)*. par M. J. Angilbert, présenté par M. P. Regnard. (Séance du 1er juillet) 14
Polders et travaux de dessèchement dans les Pays-Bas *(Note sur les)*, par M. J. de Koning 219

Questionnaire adressé par la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne et réponses faites par la Société des Ingénieurs Civils 430

Ressorts à lames *(Tableaux graphiques pour le calcul des)*, par M. H. Chevalier. (Séance du 1er juillet), Mémoire. . . . . 15 et 35
Rideau de fer pour théâtres, par M. L. Edoux. (Séance du 21 octobre). 294

Secours contre l'incendie dans les théâtres, par M. E. Gaget. (Séance du 2 décembre). Mémoire . . . . . 478 et 515

Sécurité dans les théâtres *(Discussion sur la)* par MM. E. Cornuault, E. Gaget, D. Casalonga, J. Gaudry, A. Chatard, A. Ellissen, E. Badois, E. Simon, P. Regnard, J. Derennes et A. Lencauchez. (Séance du 2 décembre) 479

Situation financière de la Société *(Exposé de la)*, par M. A. Hallopeau. trésorier. (Assemblée générale du 16 décembre) 490

Train sanitaire permanent n° 1 de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest, par MM. Ameline et Granjux; observations de MM. E. Polonceau, Clérault et Dr Gruby. (Séance du 5 août). Mémoire. . . 92 et 98

Trains-tramways *(Origine de l'exploitation des)*. Lettre de M. G. Cerbelaud. (Séance du 5 août) 85

Transmission de force par l'électricité *(Expérience sur la)*. Note de M. G. Dehenne. (Séance du 5 août) 91

Ventilation mécanique à air humidifié dans les filatures, par M. E. Farcot. (Séance du 4 novembre) 355

Voies métalliques, par M. A. Bernard 145

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 25112-7.